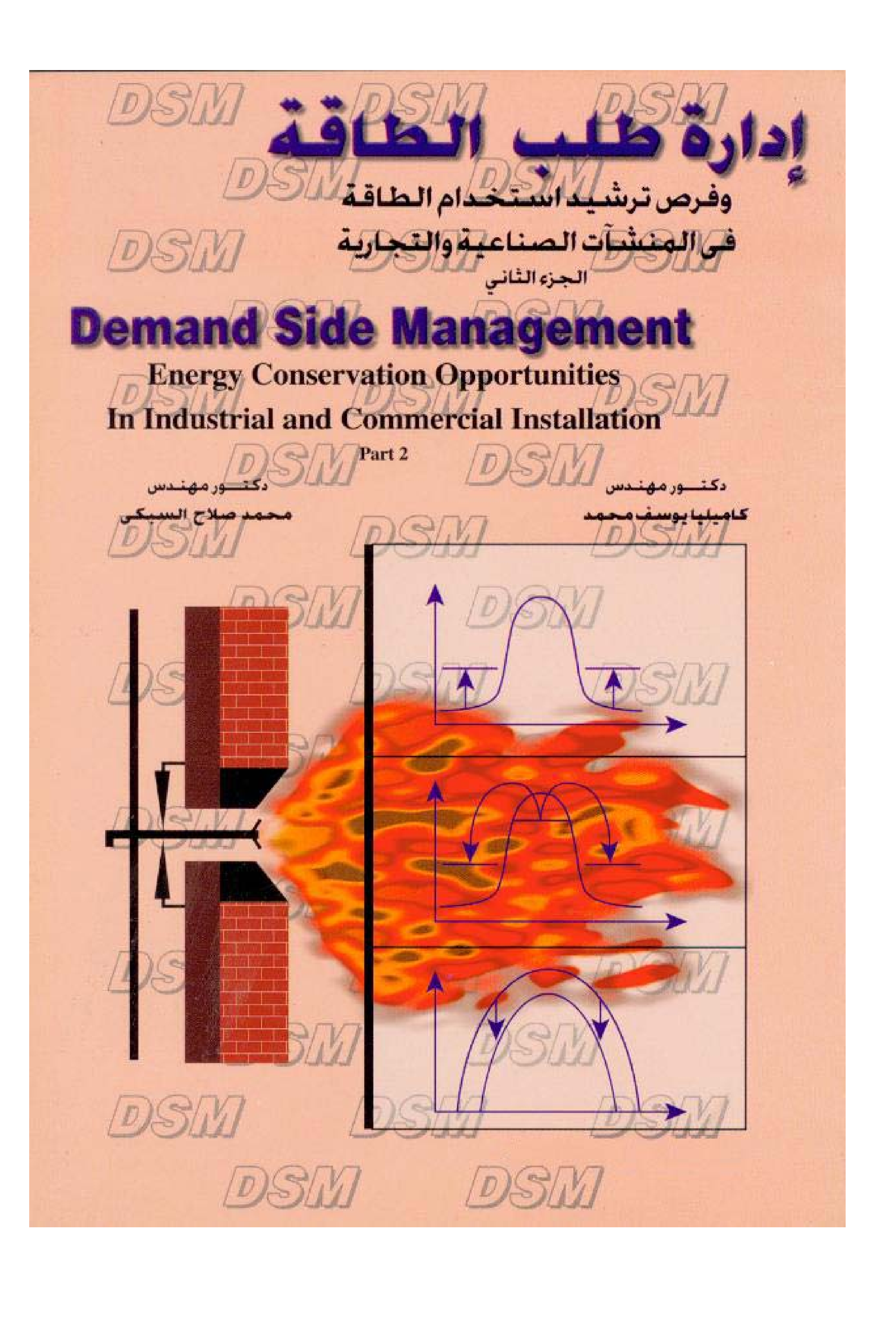


إدارة طلب الطاقة
وفرص ترشيد استخدام الطاقة
فى المنشآت الصناعية والتجارية
الجزء الثاني
Demand Side Management
Energy Conservation Opportunities
In Industrial and Commercial Installation
Part 2
دكتور مهندس
محمد صلاح السبكي
دكتور مهندس
كاميليا يوسف محمد

إدارة طلب الطاقة

وفرص ترشيد استخدام الطاقة
فى المنشآت الصناعية والتجارية

الجزء الثاني

Demand Side Management

Energy Conservation Opportunities
In Industrial and Commercial Installation

Part 2

دكتور مهندس
كاميليا يوسف محمد

دكتور مهندس
محمد صلاح السبكى

تصميم الغلاف
م / أحمد طه هاشم

بسم الله الرحمن الرحيم

«ولا تسرفوا إنه لا يحب المسرفين»

صدق الله العظيم

سورة الاعراف ـ الآيه ٣١

بسم الله الرحمن الرحيم

مقدمة

تعتبر الطاقة الكهربائية ولا شك قاطرة التقدم كما أنها أول متطلبات التنمية الاقتصادية فى عالم اليوم ومنذ بدء النهضة الحديثة بقيام الثورة الصناعية الأولى.

وبالطبع تكتسب الطاقة فى مصر نفس أهميتها فى باقى بلاد العالم، بل وتزداد أهميتها بالنظر لكون مصر دولة نامية تتطلع لتحقيق تنمية اقتصادية شاملة تخطط لها الدولة منذ زمن وتحشد لها كل طاقاتها ممثلة فى وزارة الكهرباء والطاقة.

وقد أولت الوزارة اهتماما خاصا بالطاقة والتوسع فيها بشتى الطرق سواء رأسيا (عن طريق زيادة الإنتاج وخفض الاستهلاك) أو أفقيا بتشجيع استخدام مصادر الطاقة المتجددة لتلبية الاحتياجات المستمرة والمتزايدة على الطاقة.

وفى نفس الاتجاه يكتسب الوفر فى استهلاك الطاقة أهمية أخرى كوسيلة من وسائل تصحيح المسار الاقتصادى، فكل طن بترول يتم توفيره يمكن تصديره وتستفيد الدولة من العملة الصعبة فى عملية التنمية (خاصة مع ارتفاع أسعار البترول العالمية) كما أصبح من الممكن أيضا تصدير الفائض من الطاقة الكهربية المتوفرة عن طريق الربط الكهربى مع الدول العربية.

ونظرا لزيادة معدلات استهلاك الطاقة الكهربائية وما يصاحبها من زيادة كميات الوقود البترولى المستخدم فى محطات توليد الطاقة الكهربائية، فقد اهتمت الوزارة بتخفيض هذه المعدلات وذلك برفع كفاءة إنتاج ونقل وتوزيع الطاقة الكهربائية، وقد انخفض معدل استهلاك الوقود من ٣٤٤ جم / ك. و. س عام ٨١/ ١٩٨٢ إلى ٢٢٧ جم / ك. و. س فى عام ١٩٩٩ وذلك من خلال الاجراءات الآتية :

١ - تعظيم استخدام الغاز الطبيعى فى محطات التوليد الحرارى.

٢ - إجراء عمليات الاحلال والتجديد لمحطات التوليد القائمة لرفع كفاءتها وخفض معدل استهلاك الوقود بها لرفع عمرها الافتراضى.

٣ - استخدام وحدات توليد جديدة ذات كفاءة أعلى.

٤ - إحلال وتجديد شبكات النقل والتوزيع.

٥ - تركيب مكثفات تحسين معامل القدرة بمحطات المحولات جهد ٦٦/١١ ك. ف.

ولقد اهتمت وزارة الكهرباء والطاقة بكل ما يتصل بهذا الموضوع حيث قامت بتنفيذ العديد من مشروعات ترشيد استخدام الطاقة وادارة طلب الطاقة الكهربائية مثل :

١ – بحوث وادارة الاحمال الكهربائية من خلال اجراء دراسات عن إحمال كبار مستهلكى الطاقة الكهربائية.

٢ – مشروع الطاقة وحماية البيئة بمدن حوض البحر الأبيض المتوسط.

وفيه تم تدريب عدد من المهندسين فى مجال إدارة الأحمال الكهربائية وتخطيط الموارد وتم تطبيق مشروع استرشادى للتوعية باللمبات المدمجة الموفره للطاقة.

٣ – المشروع التجريبى لإدارة طلب الطاقة.

وفيه تم اختيار عدد ١٣ شركة تمثل مختلف قطاعات الاستهلاك الصناعى وتم إجراء عمليات مراجعة الطاقة بكل منها.

٤ – مشروع الطاقة المستدامة للدول العربية.

من أهداف المشروع تحسين كفاءة الطاقه فى الدولة العربية من خلال :

أ – رفع كفاءة وترشيد إستخدام الطاقة وتشجيع تأسيس الشركات الخاصة لخدمات الطاقة.

ب – التخطيط المتكامل للطاقة وإدارة الأحمال.

ج – استخدام مصادر الطاقة الجديدة والمتجددة وتنمية الريف.

٥ – مشروع تحسين كفاءة استخدام الطاقة والحد من ظاهرة الاحتباس الحرارى.

كذلك أهتم قطاع الكهرباء بتنمية استخدام مصادر الطاقة المتجددة عن طريق توليد الكهرباء من طاقة الرياح والطاقة الشمسية / الغازية وقد أظهرت الخريطة العامة للرياح فى مصر أن المناطق الصحراوية ذات الأولوية هى :

- ساحل البحر الأحمر وبالأخص خليج السويس حيث يصل متوسط سرعة الرياح الى ١٠م/ث.
- منطقة العوينات حيث يصل متوسط سرعة الرياح الى ٧ م / ث.
- الساحل الشمالى الغربى حيث يصل متوسط سرعة الرياح الى ٥,٦ م/ث.

بناء على ذلك تم بساحل البحر الأحمر إنشاء محطة توليد الكهرباء بقدرة ٥ ميجاوات عام ١٩٩٣ بمدينة الغردقة.

- يجرى حاليا إنشاء مزرعتى رياح كبيرتان بمنطقة الزعفرانة على ساحل خليج السويس الغربى بقدرة إجمالية ٦٣ ميجاوات.

- وتتضمن خطة الوزارة تنفيذ محطتان أخريتان للكهرباء باستخدام طاقة الرياح في المنطقة نفسها وبقدرة إجمالية ٥٤ ميجاوات.

هذا ويقدر الإنتاج الكلى من الطاقة الكهربائية من هذه المحطات ومزارع الرياح بما يزيد عن ٤٢٠ مليون ك. و. س سنويا خلال عام ٢٠٠٢ مقابل وفر فى الوقود التقليدى قدرة حوالى ١٠٠ ألف طن بترول مكافئ سنويا، وسوف تعمل هذه المحطات على خفض انبعاث ثانى أكسيد الكربون بما قيمته حوالى ٢٥٠ - ٣٠٠ ألف طن سنويا.

وبحلول عام ٢٠٠٥ ستصل القدرة المركبة لهذه المحطات إلى ٦٠٠ ميجاوات.

أما بالنسبة للطاقة الشمسية فقد تم إدراج مشروعات ثلاث محطات توليد من الطاقة الشمسية / الغازية بقدرة إجمالية ٧٥٠ م. وات فى خطة القطاع فى الفترة ٢٠٠٤ - ٢٠١٠

وصاحب هذا التطور والتقدم، الاهتمام بتدريب وتوعية العاملين بقطاعات الكهرباء والطاقة بكل ما يتعلق بترشيد استخدام الطاقة.. ومن هنا كان اهتمامنا وتشجيعنا لإصدار هذا الكتاب :

« إدارة طلب الطاقة - وفرص ترشيد استخدام الطاقة في المنشآت الصناعية والتجارية »

والذى تناول موضوعات : التحليل الاقتصادى، مؤشرات استهلاك الطاقة فى المنشآت الصناعية والتجارية، الأجهزة المستخدمة لإجراءات مسح الطاقة، أنظمة التحكم والحاسبات الآلية والعمليات الصناعية - التطبيقات، التعريفة، الإعلان والتسويق لترشيد استخدام الطاقة.

أدعو الله أن يتقبل هذا العمل وأن يحقق الهدف المرجو منه ألا وهو أن ينتفع به أبنائى المهندسين والفنين وأن يساهم كل بدوره فى ترشيد استخدام الطاقة من أجل حياتنا ومستقبلنا.

والله الموفق الى ما فيه الخير لمصرنا،،

يونيه ٢٠٠١

وزير الكهرباء والطاقه

دكتور مهندس / على فهمى الصعيدى

بسم الله الرحمن الرحيم

مقدمة

الطاقة فى صورها المختلفة هى إحدى العوامل الهامة والمؤثرة على الحياة وتطورها بصورة مباشرة ولقد اعتمد الإنسان وغيره من المخلوقات بصورة أساسية على الطاقة التى أنعم الله سبحانه وتعالي علينا بها على مدى العصور المختلفة لخدمة احتياجاته وتطورها ورقيها. ولقد اكسب اللّه عز جلاله الإنسان المقدرة والمهارة للحصول على هذه الطاقات وتطويعها لاستخداماته العديدة. ولقد أظهرت الإحصائيات الأخيرة لجمهورية مصر العربية أن نسبة إنتاج الطاقة تصل إلى خمسة وسبعون بالمائة من الوقود الاحفورى بصورة المختلفة وما يقرب من خمسة بالمائة من الطاقة الكهرومائية وعشرون بالمائة من الطاقة الكهربية الحرارية. أما باقى تكنولوجيات إنتاج الطاقة كالطاقة الشمسية والرياح والكتلة الحيوية فهى تسير بخطى ثابتة وواضحة نحو إمكانية استخدامها بصورة اقتصادية وفعالة توطئة للاعتماد الجزئى عليها كمصدر متجدد غير ناضب وصديق للبيئة، أما طاقة المد والجزر والطاقة النووية فهى لازالت تحت دراسات مستفيضة من حيث توفرها للاستخدام على مستوى اقتصادى منتشر فى مصر.

ويمثل القطاع الصناعى أكبر مستهلك للطاقة النهائية فى جمهورية مصر العربية حيث تصل إجمالى استخداماته إلى ما يقرب من نسبة الستة وأربعون ونصف بالمائة ويلى ذلك قطاع النقل بنسبة تصل إلى واحد وثلاثون بالمائة أما القطاع المنزلى فتتعدى استخداماته نسبة التسعة عشرة بالمائة ويلى ذلك القطاع الحكومى والمرافق بنسبة اثنان ونصف بالمائة وفى النهاية يأتى القطاع الزراعى بنسبة واحد بالمائة.

ويعتبر هذا الجزء الثانى من كتاب إدارة طلب الطاقة وفرص ترشيد استخدام الطاقة امتداد لما تم استعراضه فى الجزء الأول. ويشتمل هذا الجزء من الكتاب على استعراض لعدد من الجوانب المختلفة ذات العلاقة باستخدامات الطاقة وسبل ترشيد استخدامها خاصة بالقطاع الصناعى ومنها مبادئ لدراسات الجدوى المالية المصاحبة لتطبيقات ترشيد استخدام الطاقة، عمل موازنات الطاقة والأجهزة المستخدمة لإجراءات عمل مسح الطاقة وحسابات المؤشرات والقيم القياسية لاستخدامات الطاقة لعدد من الصناعات وتطبيقات الترشيد المقترح لها، ونظم التحكم فى استخدامات الطاقة وعرض لبعض دراسات الحالة، وبيان لبعض وسائل الترويج لنظم الترشيد واستعراض لبعض أسس حسابات تكاليف الطاقة الكهربية وتسعيرها والتى تعتبر من أحد أهم العوامل المحفزة لتطبيقات نظم إدارة الطلب على الطاقة والمؤثرة عليها.

ويمثل الكتاب المطروح بين أيدى حضراتكم محاولة لتوفير دليل جزئى للزملاء من المهتمين بهذا المجال ونرجو من الله العلى القدير أن نكون قد وفقنا فى هذا.

كما أننا نتوجه بجزيل الشكر والعرفان إلى سيادة المهندس أحمد مصطفى المفتى رئيس مجلس إدارة والعضو المنتدب لشركة كهرباء الإسكندرية لرعايته واحتضانه لتلك الإصدارات العلمية والعملية والتى تصدر باللغة العربية لضمان وصول المعلومات لأكبر عدد من المهتمين بهذا المجال فى كلا من مصر والعالم العربى.

وقد وافق السيد المهندس / رئيس مجلس الإدارة على طباعه الكتاب على نفقه الشركة بدار الجامعيين للطباعة والنشر والتى قامت بجهد مشرف فى طباعته وإخراجه على هذا النحو.

ربيع الأول ١٤٢٢ – يونيه ٢٠٠١

دكتور مهندس محمد صلاح السبكى
المدير التنفيذى
لجهاز تنظيم مرفق الكهرباء
وحماية المستهلك

دكتور مهندس كاميليا يوسف
رئيس قطاع
البحوث والجودة وترشيد الطاقة
شركة كهرباء الإسكندرية

الباب الأول
التحليل الاقتصادى
Economic Analysis

بمجرد تحديد فرص ترشيد استخدام الطاقه يجب البدء فى حساب التكلفة الفعلية، تمهيدا لتنفيذ الفرص المختارة، وذلك لضبط التكلفة الاضافية للمشروع تحت الدراسة.

توجد طرق متعددة لحساب التكلفة الفعلية *(Cost - effectiveness)* لفرص الترشيد لذا يفضل أختيار طريقه الحساب أولا.

التكاليف *Costs*

تصنف التكاليف إلى : المصروفات واستثمارات رأس المال.

- **المصروفات** *Expenses*

تتمثل فى تكلفة الأعمال الروتينية والتكاليف المستمرة الضرورية لأعمال التشغيل والادارة.

- **استثمارات رأس المال** *Capital investments*

تخضع للخصائص الأتية :

* تكون كبيرة نسبيا، عدد من آلاف إلى عدد من المليون دولار، اعتمادا على حجم النظام.
* تسترد فوائد استثمارات رأس المال خلال فترة الاستثمار والتى تكون عدة سنوات.
* نسبيا يتعذر الغاء استثمار رأس المال، بعد البدء فى الاستثمارات الأولية، يصبح أستبدال المشروع أو انهاءه، تضمينا، جوهريا (عادة تأثير سالب).
* تبعا لطريقة الحسابات المالية، فان استثمارات رأس المال تتضمن الضرائب.

للحصول على منتجات *(Products)* أو خدمات *(Services)* لبيعها للمستلكين فانه يلزم وجود موارد (مصادر) مثل : المهارات الشخصية، الخدمات، المواد، والتسهيلات.

يوضح شكل (١ - ١) تمثيل لتلك المصادر.

ويمكن تمثيل بيانات شكل (١ - ١) على صورة جدول كما فى جدول (١ - ١)

جدول (١ - ١)

الفائدة والخسارة لفترة زمنية		الوصف
المبيعات	x	قيمة المنتج أو خدمات البيع للمستهلك
التكاليف	x	تكلفة استهلاك الموارد
الفائدة أو الخسارة	x	الثروة أو الوفر أو النقص نتيجة أنشطة العمل خلال دورة العمل

ويعتبر شكل (١ – ١) غير كامل لعدم احتواءه على موارد لاستخدامها فى المستقبل.

حيث أن أغلب الأعمال تحتاج إلى موارد لاستخدامها فى المستقبل، فمثلا تحتاج شركات التصنيع إلى مخزون من المواد للعمليات المستقبلية.

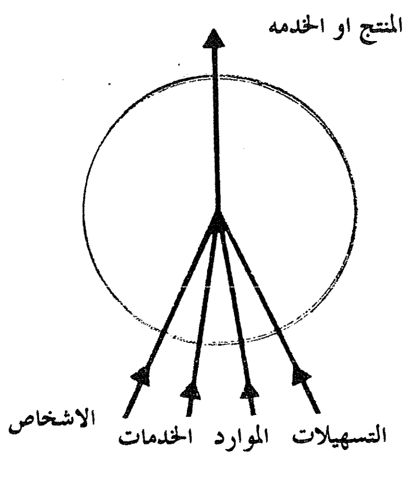
يوضح شكل (١ – ٢) تصحيح لشكل (١ – ١) بعد أضافة الموارد المستخدمة فى المستقبل فقد ميز الشكل بين موارد تستهلك حاليا وأخرى سوف تستخدم مستقبلا مثلا يمكن أن يمثل شكل (١ – ٢) شركة أشترت ١٠٠ طن مواد خام وتم تخزينها بحيث تستخدم الشركة حاليا ٥٠ طن، والمتبقى ٥٠ طن تخزن للاستخدام مستقبلا ولكن عند الاحتياج للموارد المستقبليه يجب توافر الموارد الماليه الضرورية يوضح شكل (١ – ٣) اضافة ثلاثة مجموعات من خبراء ماليين *(Financiers)* فى الشركات المحدودة *(Limited)* تكون هذه المجموعات هى : المساهمين *(Share holders)*، والمقترضين *(Lenders)* والدائنين *(creditors)*، ويوضح شكل (١ – ٣) أضافه الخبراء الماليين لشكل (١ – ٢). وتفضل جميع المنشآت أن تخزن موارد للمستقبل دون النظر إلى التكلفة الحاليه.

ويوضح شكل (١ – ٤) اضافة تمثيل للتدفقات النقديه *(Cash Flow)* بداية من المستهلك (ومرورا بتفريعات إلى الخبراء الماليين) ثم إلى الموارد المختلفة.

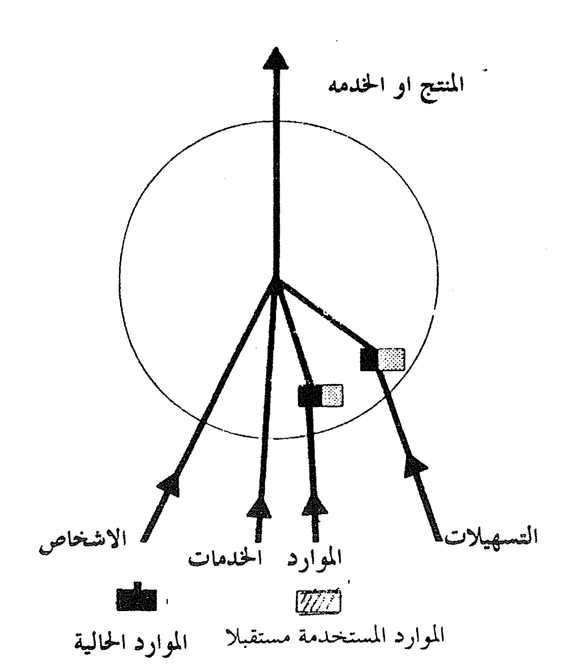
يوضح الجدول (١ – ٢) تمثيل كشف الموازنة *(Balance sheet)*

جدول (١ - ٢)

الأصول Assets				المصادر المالية Sources Of Finance		
	التكاليف	الخصومات المتراكمة	القيمة الدفترية النهائية			
	$	$	$		$	$
أصول ثابتة				رأس مال المساهمين		
أراضى ومبانى	×	×	×	حصة العائد		×
أجهزة	×	×	×	الفوائد المتبقية		×
وسائل نقل	×	×	×			×
			×			
				الديون طويلة الأجل		
				القروض		×
الاصول الجارية						
المخزون		×		الديون الجارية		
debtor		×		المبلغ المسحوب من		
الهالك المدفوع				البنك	×	
		×	×	الدائنين	×	
				(Creditors)		
				الضرائب	×	
				مبالغ يراد توزيعها	×	×
			×	*(dividends)*		×

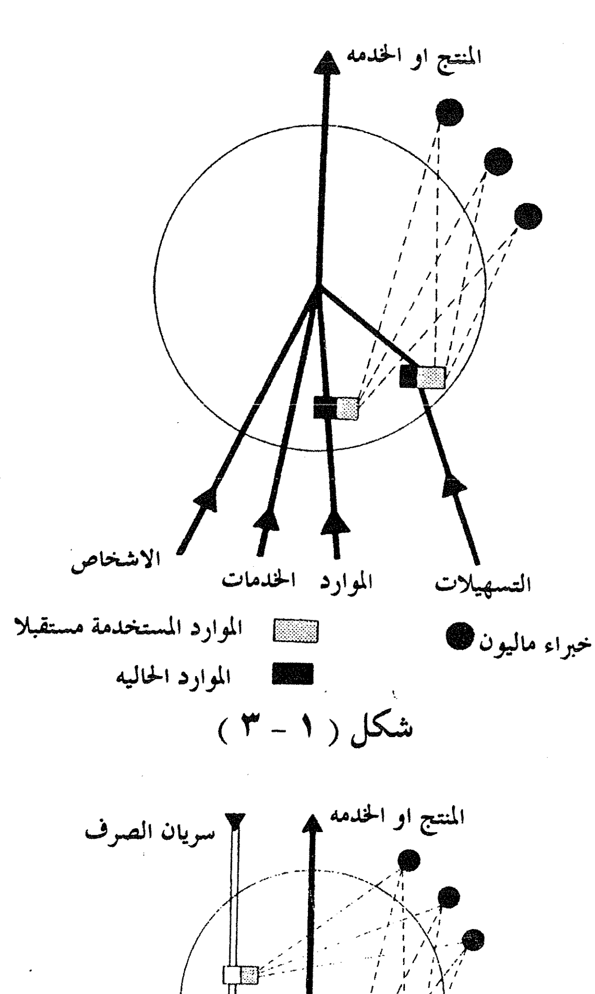


شكل (١ - ١)

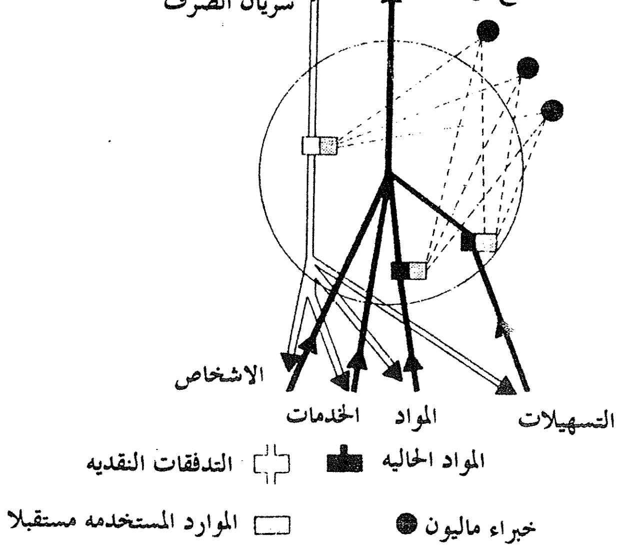


شكل (١ - ٢)

(ادارة طلب الطاقه ـ ٢)



شكل (١ - ٣)



شكل (١ - ٤)

(ادارة طلب الطاقه - ٢)

الجداول والرسومات الخطية للتدفقات النقدية

Cash Flow Diagrams and Tables

تعرف الرسومات الخطية للتدفقات النقدية بأنها عرض تصويرى *(Pictorial display)* للتكاليف والدخل *(revenue)* المصاحب للمشروع. ويعرض أيضا معدل الفائدة *(Interest rate)* أو معدل الخصم *(Discount rate)*. تمثل التكاليف بأسهم متجهه إلى أسفل بينما يمثل الدخل بأسهم متجهه إلى أعلى. يستخدم المقياس الأفقى للرسم الخطى لتمثيل الزمن الدورى *(time period)* للتكاليف. حيث يقسم إلى سنوات ويعرف بالتدفقات النقدية فى نهاية كل عام *(End - Of - Year Cash flows)* ويرمز له بالرموز *EOY* يوضح شكل (١ – ٥) الرموز المستخدمة لرسم التدفقات النقدية.

مثال (١) :

* التكاليف الأولية لمضخه حرارية ١٠,٠٠٠ $.

* توفر المضخة ٢٥٠٠ $ كل عام من تكاليف الطاقة، لمدة ٢٠ عام.

* تكاليف الصيانه ٥٠٠ $ كل عام لمدة ٢٠ عام.

* تقدر قيمة الهالك *(Salvage value)* ٥٠٠ $ فى نهاية الـ ٢٠ عام.

والمطلوب تمثيل هذه القيم على الرسم الخطى للتدفقات النقدية فى نهاية كل عام كذلك يراد تمثيل هذه التكاليف فى جدول.

الحل :

يرسم أولا خط أفقى مقسم إلى ٢٠ عام.

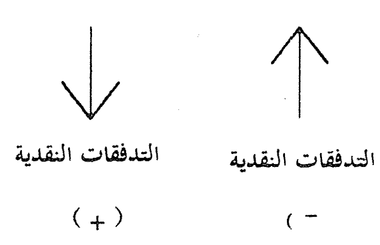
عند البداية توقع التكاليف الأولية للمضخة والتى يرمز لها بسهم إلى أسفل.

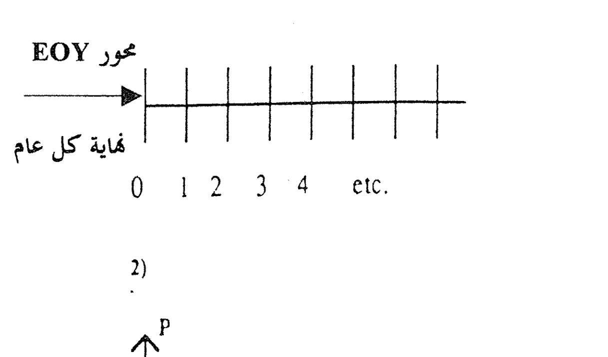
تمثل تكاليف الصيانة (٥٠٠ $) بأسهم إلى أسفل كل عام.

ويمثل الوفر (٢٥٠٠ $) باسهم إلى أعلى كل عام.

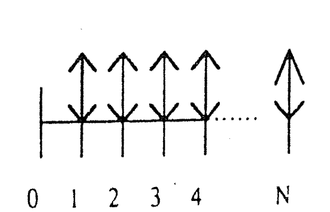
وتمثل قيمة الهالك (٥٠٠ $) فى السنه النهائية فقط بسهم إلى أعلى.

ويوضح شكل (١ – ٦) الرسم الخطى للتدفقات النقدية فى نهاية كل عام على مدى ٢٠ عام

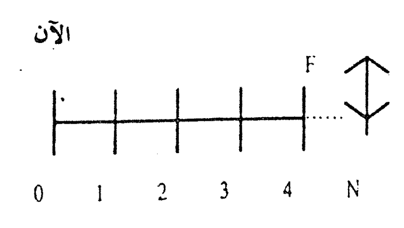




P تمثل التدفق النقدي الحالي
والذي يمكن أن تكون (+) أو (-)



A تمثل التدفق النقدي السنوي
والذي يمكن أن يكون (+) أو (-)
يبدأ في نهاية أول سنه ويستمر
خلال عمر المشروع



F تمثل التدفق النقدي المستقبلي
والذي يمكن أن يكون
(+) أو (-)
ويحدث عند نهاية بعض السنين
المستقبلية

شكل (١ - ٥)

التحليل الاقتصادى باستخدام قيمة المال مع الزمن

Economic analysis using the time value of money

تحليل التدفقات النقدية المخصومه *Discounted cash Flow analysis*

يوجد عاملين يؤثران فى حساب الفائدة *(interest)* هما كميه وزمن التدفقات النقدية. وتكون الصورة الاساسية لحساب الفائدة هى :

$$F_n = P + I_n \qquad (2)$$

حيث :

F_n = التدفق النقدى المستقبلى للمال عند نهاية السنة n

P = التدفق النقدى الحالى للمال

I_n = الفوائد المتراكمة لعدد n من السنين

n = عدد السنوات بين F & P

تكون الفائدة عبارة عن نسبة مئوية تدفع نتيجة استخدام المال لفترة زمنية، عادة عام.

الفائدة البسيطة *Simple Interest*

تعرف الفائدة البسيطة تبعا للمعادلة الآتية

$$I = Pn\ i \qquad (3)$$

حيث

I = الفائدة المتراكمة لعدد n من السنوات

P = الكمية الاساسية الأصلية *(Original principal amount)*

n = عدد دورات الفائدة (والتى تقاس بالسنوات)

i = معدل الفائدة لكل دورة

ويكون الشكل العام للكمية الكلية المطلوبة (مستحقة الدفع) فى نهاية فترة القرض (الاستثمار) لعدد n من السنوات باستخدام الفائدة البسيطة كالآتى :

$$F_n = P + I$$
$$= P + Pn\ i$$
$$= P(1 + ni) \qquad (4)$$

مثال ٣

تريد شركة «ك» أقتراض مبلغ *LE 10,000* لمدة *5* سنوات بمعدل فائدة بسيطة *15%* كل عام.

أحسب الفائدة المستحق دفعها لهذا المبلغ ثم أحسب الكمية الكلية المستحقة فى نهاية السنوات الخمس.

الحل :

$P = LE\ 10,000$

$n = 5\ year$

$i = 15\%\ /\ year$

I = الفائدة المستحقة = Pni

$= (10,0000)\ (5)\ (0.15)$

$= LE\ 7500$

$Fn =$ الكمية الكلية المستحقة $= P + I$

$= 10,000 + 7,500$

$= LE\ 17,500$

الفائدة المركبة *Compound interest*

المقصود بالفائدة المركبة أن الفائدة المتراكمة فى نهاية الفترة الأولى للفائدة تضاف إلى الكمية الاساسية الاصلية *(Original principle amount)* لتشكيل الكمية الاساسية الاصلية الجديدة لنهاية الفترة التالية.

يمثل الجدول (١ – ٤) حل المثال رقم (٣) باستخدام الفائدة المركبة

جدول (١ - ٤)

السنه	A الكمية مستحقة الدفع فى بداية كل عام	$B = i\,A$ الفائدة المستحقة الدفع فى نهاية العام	$C = A + B$ الكمية الكلية المستحقة الدفع فى نهاية العام
1	P = LE 10,000	Pi (10,000) (0.15) = 1500	$P + P\,i$ 11,500
2	$P + Pi$ 11,500	$(P + Pi)\,i$ (11,500) (0.15) = 1,725	13,225
3	13,225	(13,225) (0.15) 1983.75	15208.75
4	15208,75	(15208.75) (0.15) = 2281.31	17490.06
5	17490.06	(17490.06) (0.15) = 2623.51	LE 20113.57

1-التدفقات النقدية المخصومه *(Discounted Cash Flow)*

تعتبر طريقة التدفقات النقدية المخصومه هامة لضرورة استخدامها لتصحيح قيمة تكلفة الطاقة والوفر للسنوات المختلفة. حيث سيتم استعراض معادلات وعوامل الفائدة المركبة لاستخدامهم لتحويل كمية من المال من قيمتها فى فترة زمنية محددة إلى قيمتها المقابلة لفترة زمنية أخرى. مع الاخذ فى الاعتبار أن معدل الفائدة المركبة سنوى وفرض أن التدفقات النقدية تحدث فى نهاية العام.

وفيما يلى مجموعة الرموز المستخدمة :

i = معدل الفائدة السنوية (أو معدل الخصم *Discount rate* أحيانا تسمى معدل أقل عائد مغرى *Minimum attractive rate of return* والذى يرمز له بالرموز *MARR*) أو يسمى معدل العائد الداخلى *(internat rate of return)*

n = عدد فترات الفائدة السنوية (فى هذه الحالة : عدد السنوات).

P = القيمة الحالية *Present value* (أو *Present worth*)

A = السداد دفعه واحدة لمتواليه من عدد n للدفعات السنوية المتساوية *(Single Payment)*

تتساوى الرموز و =

F = القيمة المستقبلية *Future Value* (أو *Future worth*)

لتطبيق طريقة تحليل التدفقات النقدية المخصومه تستخدم البنود التالية :

١ - نهاية أول سنه هى بداية السنة التالية.

٢ - تكون P عند بداية السنه تشير فى أى وقت إلى القيمة الحالية.

٣ - تكون F عند نهاية السنه n تشير فى أى وقت الى القيمة الحاليه.

٤ - تحدث A فى نهاية كل سنه من الدورة تحت الدراسة.

عندما تكون القيمة الحالية (القيمة النقدية الحالية) P والسداد دفعه واحدة A، مثقلة بالديون، فان أول A فى المتوالية تحدث عند أول سنه بعد P.

وإذا كانت القيمة المستقبلية F والسداد دفعه واحدة A، مثقله بالديون، فان آخر A فى المتواليه تحدث فى نفس وقت F.

عموما لجميع مشاكل التحليل الاقتصادى الهندسى فان جميع هذه المتغيرات تكون معلومة ماعدا متغير واحد، المتغيرات هى :

P, A, F, n, i

ونرتب هذه الحروف تبعا للآتى لاستخدامها فى جداول الحصول على المتغير المطلوب

(↗ / ↖ i,n)

المتغير المراد الحصول عليه — المتغير المعلوم

مثلا $(F/P_{\ i,n})$ المطلوب F بمعرفة P عند n,i

يوضح جدول(١ - ٥) جميع احتمالات المتغيرات P,A,F,n,i

جدول (١ - ٥)

المطلوب	المعلوم	العامل
F	P	$F/P_{i,n}$
P	F	$P/F_{i,n}$
F	A	$F/A_{i,n}$
A	F	$A/F_{i,n}$
A	P	$A/p_{i,n}$
P	A	$P/A_{i,n}$

(ادارة طلب الطاقه - ٢)

1 - 1 - حساب القيمة المستقبليه ودفعه نقديه واحدة *Single sum, Future worth*

كيف يمكن تحويل الدفعه النقدية الواحدة للمال من القيمة الحالية إلى القيمة المستقبلية ؟

بمعنى آخر، إذا اقترضت مبلغ *$ 5,000* بفائدة *10%* لمدة *5* سنوات كم يكون المبلغ المستحق فى نهاية الخمس سنوات ؟

وفى هذه الحالة تكون القيم المعلومة هى الكمية الحالية *(P)* ومعدل الفائدة *(i)* والمطلوب القيمة المستقبلية *(F)*.

تكون معادلة القيمة المستقبلية *(F)* هى

$$F = P\,(1 + i)^{n} \qquad (5)$$

يكون العنصر $(1+ i)^{n}$ أحد عناصر الفائدة المركبة السته *(Compound interest Factors)* والمستخدم بتوسع شائع فى الحسابات أو فى الجداول. هذا العنصر يعرف بعامل القيمة المستقبلية والجمع المفرد *(Single sum, Future worth Factor)* أو بعامل القيمة المستقبلية والسداد دفعه واحدة *(Single payment, Future worth Factor)* يعرف ايضا هذا العنصر من النسبة $(\frac{F}{P_{i,n}})$ والذى يقرأ كالآتى :

ايجاد *F* بمعرفة *P* (معطاه) عند *i%* لدورة *n*(سنوات فى هذه الحالة).

(Find F, given P, at i% for n periods)

أو باختصار عامل ايجاد *F* بمعرفة *P* أى عامل *(F Given p)* فمثلاً فى المعادلة (٥) توجد جداول للحصول على العنصر $(1+ i)^n$ بمعرفة *n, i* ثم التعويض فى المعادلة لحساب *F* عموماً توجد ٦ عوامل بدلالة المتغيرات *P, F, A* موضحة فى جدول (١ – ٦).

يجب مراعاة أن جداول معدل الفائدة السنويه حسبت لدورة زمنية سنه، فى حالة تغيير دورة الفائدة، مثلا $\frac{١}{٤}$ سنة فيجب عمل توافق بين دورة الفائدة *(interest period)* ودورة الزمن *(time period)*.

يوضح العمود الأول من جدول (١ – ٧) قيم عوامل الفائدة المركبة $(1 + i)^{n}$ عند $i = 10\%$ لعدد سنوات *n* من سنه إلى *30* سنه مثلا ويستخدم هذا العامل لحساب *F* بمعرفة *P*.

مثال (٤)

تم ايداع مبلغ *$ 5,000* بفائدة سنوية *10%* ما قيمة الحساب فى نهاية *5* سنوات.

الحل :

$P = \$\,5,000$

$i = 10\%$

$n = 5$ year

$F = ?$

جدول (١-٦) العوامل بدلالة P, F, A

Single Payment *F* *P*	**Compound Amount:** to Find F Given P (F/P,i,n)	$F = \underline{P\,(1+i)\,n}$ $(1+i)^{n}$	حساب القيمة المستقبليه (F) بمعرفة القيمة الحالية P
	Present worth : to find P Given F(P/ F,i,n)	$P = \underline{F\,(1+i)\,-n}$ $(1+i)^{n}$	حساب القيمة الحالية (P) بمعرفة القيمة المستقبلية (F)
Uniform Series *A A A A* *F*	to Find F Given A(F/A,i,n)	$F = A\left[\frac{(1+i)^n - 1}{i}\right]$	حساب القيمة المستقبلية (F) بمعرفة الدفعة السنوية A
	to Find A Given F (A/F,i,n)	$A = F\left[\frac{i}{(1+i)^n - 1}\right]$	حساب الدفعة السنوية A بمعرفة القيمة المستقبلية F
A A A A A *P*	to find A Given P (A/p,i,n)	$A = P\left[\frac{i\,(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}\right]$	حساب الدفعة السنوية A بمعرفة القيمة الحالية P
	to Find P Given A (P/A,i,n)	$P = A\left[\frac{(1+i)^n - 1}{i\,(1+i)^n}\right]$	حساب القيمة الحالية P بمعرفة الدفعة المستقبلية A

Formulas and Factors for P,F and A

من المعادلة رقم (٥) يمكن حساب القيمة المستقبلية (F) كالآتى :

$$F = P(1+i)^n$$

$$= 5000(1+0.1)^5 = \$\ 8053$$

يمكن الحصول على F بسهولة باستخدام العمود الأول فى جدول (١ – ٧) لايجاد $(1+i)^n$ عند $n = 5\ \&\ i = 10\%$ فنحصل على

$$(F/P_{i,n}) = (F/P_{10,5}) = 1.611$$

$$\therefore F = 5000(1.611) = \$\ 8053$$

١ - ٢ - حساب القيمة الحالية ، الدفعه النقديه الواحدة

Single sum, Present worth

المعادلة رقم (٥) توضح العلاقة بين القيمة الحالية (P) والقيمة المستقبلية (F) عند استخدام طريقة الدفعه النقدية الواحدة، ومن هذه المعادلة يمكن الحصول على المعادلة التالية

$$P = F(1+i)^{-n} \qquad (6)$$

وتعرف هذه المعادلة القيمة الحالية / الدفعه النقدية الواحدة *(Single sum, Present worth)* أو *(single payment, present worth)* ومنها نحصل على القيمة الحالية (P) بمعرفة القيمة المستقبلية F.

نحصل على العامل $(1+i)^{-n}$ أو $(\frac{P}{F_{i,n}})$ بالحساب أو من الجداول.

يوضح العمود الثانى بجدول رقم (١ – ٧) هذا العامل عند ١٠ ٪ $= i$ وقيم سنوات مختلفة.

مثال (٥)

قدرت القيمة المستقبلية لتصليح معدة كهربائية بعد ٧ سنوات بمبلغ ١٥٠٠٠٠ دولار كم القيمة الحالية إذا كانت الفائدة ١٠ ٪.

الحل :

$F = \$\ 150000$

$i = 10\%$

$n = 7\ year \qquad P = ?$

من جدول (١ – ٧) نحصل على العامل $(P/F_{10,7})$

$$(P/F_{10,7}) = 0.5132$$

$$\therefore\ P = 150000(0.5132) = \$\ 76980$$

٢ - التدفقات النقدية المخصومه : متوالية منتظمة

Discounted cash flows uniform series

تكون المتوالية المنتظمة نموذج للتدفقات النقدية بقيم متساوية تحدث عند نهاية دورات متعاقبة متعددة والموضحة فى شكل (١ – ٦).

بدلالة القيم الاتية :

القيمة الحالية = P

القيمة المستقبلية = F

قيمة الدفعة = A

توجد الاربعة تحويلات الاتية :

أ = بمعرفة القيمة الحالية P نحصل على قيمة الدفعة A

ويرمز لذلك بالعامل $(A/P_{i,n})$

ب – بمعرفة القيمة المستقبلية F نحصل على قيمة الدفعة A

ويرمز لذلك بالعامل $(A/F_{i,n})$

جـ – بمعرفة قيمة الدفعة A نحصل على القيمة الحالية P

ويرمز لذلك بالعامل $(P/A_{i,n})$

د – بمعرفة قيمة الدفعة A نحصل على القيمة المستقبلية F

ويرمز لذلك بالعامل $(F/A_{i,n})$

معادلات هذه العوامل معرفة بجدول (١ – ٦)

جدول (١ – ٧) يوضح قيم العوامل الاربعة المستخدمة للمتوالية المنتظمة عند $i = 10\%$ وعدد سنوات n مختلفة.

مثال (٦)

دفع مصنع 5000 $ لشراء تكييف عالى الكفاءة عمره 6 سنوات يراد حساب الوفر فى تكلفة الطاقة سنويا إذا كان معدل أقل عائد مغرى MARR يساوى 10%

الحل :

$p = \$ 5000$

$i = 10\%$

$n = 6$

$A = ?$

هذه الحالة تعنى إيجاد A بمعرفة P أى أن

$A = P\,(A / P_{10,6})$

من جدول (١ – ٧) عند $n = 6, i = 10\%$ نحصل على

$(A / P_{10,6}) = 0.2296$

$\therefore A = 5000\,(0.2296) = \$ 1148$

مثال (٧)

يتوقع أن مضخة حرارية توفر تكاليف الطاقة بقيمة 1500 $ كل عام لمدى 20 عام احسب القيمة الحالية المكافئة للتدفقات النقدية المتوالية، إذا كانت MARR تساوى 10%

الحل :

$A = \$ 1500$

$i = 10\%$

$n = 20$

$P = A\,(P / A_{10,20})$

$= 1500\,(8.5136) = \$ 12770$

هذا يعنى أن القيمة الحالية 12770 $ لوفر سنوى متوالى لمدى 20 عام، بمعدل عائد مغرى 10% من الاستثمار.

مثال (٨)

تريد شركة وضع ايداع فى بنك لمدة 7 سنوات للحصول على مبلغ مستقبلى 150000 $ ما قيمة الدفعة إذا كانت $i = 10\%$

الحل :

$F = \$ 150000$

$i = 10\%$

$n = 7$

$A = ?$

$A = F (A / F_{10,7})$

$= 150000 (0.1054) = \$ 15810$

مثال (٩)

يوفر نظام الاضاءة عالية الكفاءة بأحد المصانع مبلغ 10,000 $ كل عام من تكلفة الطاقة . ما القيمة المستقبلية إذا كانت $n = 5 , i = 10\%$

الحل :

$A = \$ 10,000$

$i = 10\%$

$n = 5$

$F = ?$

$F = A (F / A_{10,5}) = 10,000 (6.105)$

$= \$ 61050$

جدول (١ - ٧) قيم عوامل الفائدة المركبه (السداد دفعه واحدة)

Time Value of Money Factors - Discrete Compounding
i = 10%

	Single Sums	
n	To Find F Given P (F|P,i%,n)	To Find P Given F (P|F,i%,n)
1	1.1000	0.9091
2	1.2100	0.8264
3	1.3310	0.7513
4	1.4641	0.6830
5	1.6105	0.6209
6	1.7716	0.5645
7	1.9487	0.5132
8	2.1436	0.4665
9	2.3579	0.4241
10	2.5937	0.3855
11	2.8531	0.3505
12	3.1384	0.3186
13	3.4523	0.2897
14	3.7975	0.2633
15	4.1772	0.2394
16	4.5950	0.2176
17	5.0545	0.1978
18	5.5599	0.1799
19	6.1159	0.1635
20	6.7275	0.1486
21	7.4002	0.1351
22	8.1403	0.1228
23	8.9543	0.1117
24	9.8497	0.1015
25	10.8347	0.0923
26	11.9182	0.0839
27	13.1100	0.0763
28	14.4210	0.0693
29	15.8631	0.0630
30	17.4494	0.0573
36	30.9127	0.0323
42	54.7637	0.0183
48	97.0172	0.0103
54	171.8719	5.818E-03
60	304.4816	3.284E-03
66	539.4078	1.854E-03
72	955.5938	1.046E-03
120	9.271E+04	1.079E-05
180	2.823E+07	3.543E-08
360	7.968E+14	1.255E-15

جدول (١ - ٧) قيم عوامل الفائدة المركبة
(حاله السداد دفعه واحدة- حالة متوالية منتظمة)

i = 10%

Uniform Series			
To Find F Given A (F|A,I%,n)	To Find A Given F (A|F,I%,n)	To Find P Given A (P|A,I%,n)	To Find A Given P (A|P,I%,n)
1.0000	1.0000	0.9091	1.1000
2.1000	0.4762	1.7355	0.5762
3.3100	0.3021	2.4869	0.4021
4.6410	0.2155	3.1699	0.3155
6.1051	0.1638	3.7908	0.2638
7.7156	0.1296	4.3553	0.2296
9.4872	0.1054	4.8684	0.2054
11.4359	0.0874	5.3349	0.1874
13.5795	0.0730	5.7590	0.1730
15.9374	0.0627	6.1446	0.1627
18.5312	0.0540	6.4951	0.1540
21.3843	0.0468	6.8137	0.1468
24.5227	0.0408	7.1034	0.1408
27.9750	0.0357	7.3667	0.1357
31.7725	0.0315	7.6061	0.1315
35.9497	0.0278	7.8237	0.1278
40.5447	0.0247	8.0216	0.1247
45.5992	0.0219	8.2014	0.1219
51.1591	0.0195	8.3649	0.1195
57.2750	0.0175	8.5136	0.1175
64.0025	0.0156	8.6487	0.1156
71.4027	0.0140	8.7715	0.1140
79.5430	0.0126	8.8832	0.1126
88.4973	0.0113	8.9847	0.1113
98.3471	0.0102	9.0770	0.1102
109.1818	9.159E-03	9.1609	0.1092
121.0999	8.258E-03	9.2372	0.1083
134.2099	7.451E-03	9.3066	0.1075
148.6309	6.728E-03	9.3696	0.1067
164.4940	6.079E-03	9.4269	0.1061
299.1268	3.343E-03	9.6765	0.1033
537.6370	1.860E-03	9.8174	0.1019
960.1723	1.041E-03	9.8969	0.1010
1.709E+03	5.852E-04	9.9418	0.1006
3.035E+03	3.295E-04	9.9672	0.1003
5.384E+03	1.857E-04	9.9815	0.1002
9.546E+03	1.048E-04	9.9895	0.1001
9.271E+05	1.079E-06	9.9999	0.1000
2.823E+08	3.543E-09	10.0000	0.1000
7.968E+15	1.255E-16	10.0000	0.1000

جداول عوامل الفائدة *(Interest Factors Tables)*

توضح الجداول من رقم (١ - ٨) إلى رقم (١ - ١٦) عوامل الفائدة عند معدل فائدة *i* يساوى:

10% , 12% , 15% , 20% , 25% , 30% , 40%, 50% , 100%

وذلك للحالات الآتية :

- دفعه نقديه واحده *Single sum*
- الدفع على متواليه منتظمة *Uniform series*
- الدفع على متواليه تدريجيه *Gradient series*

مثال (١٠)

يتكلف أنشاء مقتصد غلايه *(Boilor economizer)* مبلغ *$ 20,000*

ما قيمة الوفر السنوى، إذا كان عمر المقتصد *5* سنوات والاسترداد *12%*

الحل :

$P = \$\, 20{,}000$

$n = 5$

$i = 12\%$

$A = ?$

$\therefore\ A = P\,(A/P_{\,12,5})$

من جدول رقم (١ - ٩) نحصل على

$(A\,/\,P_{\,12,5}) = 0.2774$

$\therefore\ A = 20{,}000\ (0.2774) = \$\, 5548$ *Per year*

مثال (١١)

نظام أضاءة حديث سيوفر *$ 5000* كل عام. قدر عمر النظام *6* سنوات ما هى القيمة الحالية اذا كان معدل الاسترداد *15%*

الحل :

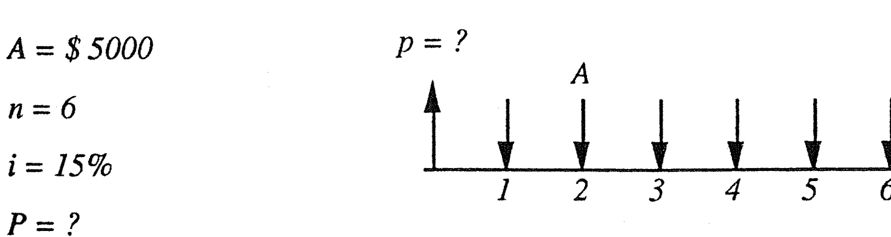
$A = \$ 5000$

$n = 6$

$i = 15\%$

$P = ?$

$P = A (P / A_{15,6})$



من جدول رقم (١ - ١٠) نحصل على

$(P / A_{15,6}) = 3.7845$

$\therefore \ P = 5000(3.7845) = \$ 18922$

مثال (١٢)

أى الاختيارين التالين أكثر اقتصادا من حيث مقارنه تكلفة الوقود

(أ) سعر الكهرباء $\$ 0.03 / Kwh$ عند كفاءة 98%

(ب) سعر الغاز الطبيعى $\$ 3/ GJ$ عند كفاءة 80%

الحل :

يتم توحيد الوحدات لإمكانيه المقارنه

(أ) سعر الكهرباء.

$$(\$ 0.03/ kwh) (\frac{kwh}{3.6\ MJ}) (\frac{1}{0.98}) (\frac{1000\ MJ}{GJ}) = \$ 8.5/ GJ$$

(ب) سعر الغاز الطبيعى

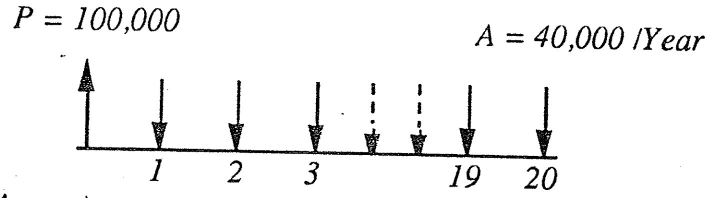
$$(\frac{\$ 3}{GJ}) (\frac{1}{0.8}) = \$ 3.75 / GJ$$

يتم اختيار الغاز الطبيعى لانه أكثر اقتصادا.

مثال (١٣)

ما هو معدل الاسترجاع الداخلى *(IRR)* لانشاء نظام استرجاع الحرارة المفقودة إذا كانت التكلفة الأولية $\$ 100,000$، لعمر تشغيل 20 سنه والوفر السنوى $\$ 40,000$.

الحل :



$P = A\,(P/A_{i,20})$

$100{,}000 = 40{,}000\,(P/A_{i,20})$

$(P/A_{i,20}) = 2.5$

يتم البحث فى الجداول من (١ – ٨) إلى (١ – ١٦) من عمود $(P/A_{i,n})$ عند $n = 20$ حتى نحصل على قيمة قريبه من ٢,٥ وعلى ذلك نجد فى جدول (١ – ١٤) أن

$P/A_{i,20}) = 2.497$

$\therefore\ i = 40\%$

$\therefore\ IRR = 40\%$

يمكن توقع قيمة قريبة لمعدل الاسترجاع الداخلى من العلاقة

$$i = \frac{A}{P} = \frac{40{,}000}{100{,}000} = 40\ \%$$

تكافؤ التدفقات النقديه *(Equivalence of cash flows)*

بعد معرفة كيفية تحويل المال من فترة زمنية إلى فترة زمنية أخرى نحتاج لمعرفة طريقة مقارنة المال المدفوع أو المأخوذ عند فترات زمنية مختلفة.

إذا كان لعدد ٢ تدفقات نقديه نفس القيمة الحالية، والقيمة المستقبلية، والقيمة السنوية عندئذ يقال أن التدفقان متكافئان.

من وجهه نظر التحليل الاقتصادى فان التكافؤ *(equivalenca)* يعنى حالة تساوى القيم ويمكن أن يكون التكافؤ لعدد ٢ تدفقان أو أكثر، ويكون زمن الدورة اختياريا.

بمعنى آخر : إذا كان لمجموعتين من المال نفس *MARR* ومتزنين عند موضع واحد للزمن فانهما يكونا متكافئين عند أى موضع آخر.

مثال (١٤)

هل القيمة $ 1000 اليوم تكافئ القيمة $ 1331 بعد ثلاثة سنوات من الآن عند $i = 10\%$

الحل :

تقارن القيم عند $t = o$ (الآن) (باستخدام القيمة الحالية)

$$Present\ Value\ (1) = P\ V\ (1) = \$\ 1000$$

$$P\ V\ (2) = F\ (\ P/\ F_{\ 10,3})$$

من جدول (١ – ٧) نحصل على

$$(P\ /\ F_{\ 10,3}) = 0.7513$$

$$\therefore\ PV\ (2) = 1331\ (0.7513) = \$\ 1000$$

وعلى ذلك فان القيمتان متكافئتان عند $i = 10\%$

حساب التكلفة الفعلية باستخدام التدفقات النقدية المخصومه

الهدف من هذا البند هو مساعدة مديرى الطاقه واصحاب القرارات فى تحديد ما إذا كان المشروع مقبول وملائم اقتصاديا أو أن تكلفته فعليه.

سنتعرض إلى خمسة قيم لأخذ القرار الاقتصادى والتى تأخذ فى اعتبارها قيمة المال مع الزمن وهى : القيمة الحالية *(Present Worth)*، القيمة المستقبلية *(Future Worth)*، القيمة السنوية *(Annual Worth)*، نسبة الفائدة إلى التكلفة أو نسبة الوفر إلى الاستثمار *(Benefit / Cost ratio or saving to investment ratio)*، ومعدل الاسترجاع الداخلى *(internal rate of return)* سنقدم مثال ومن خلاله نتعرض للتعريفات الخمسة المذكورة عاليه.

مثال (١٥)

تستخدم وحدة تسخين لخير مفرد فى تدفئة مكتب صغير. تكلفة نظام تجديد الهواء المتغير $ 100,000 ويقدر الوفر الناتج من استخدامه 450,000 kwh / year لعمر اقتصادى مقدر بعشر سنوات. هذه الشركة تستخدم $MARR = 10\%$ إذا كان سعر الكهرباء $ 0.05 / kwh وقيمة الهالك فى نهاية المدة $ 500 هل النظام الجديد اقتصادى ؟

جدول التدفقات النقديه يكون كالآتى :

نهاية العام *EOY*	التدفقات النقديه *Cash flow*
0	*- $ 100,000*
1	*450,000/ kwh ($ 0.06/ kwh) = $ 27,000*
2	*$ 27,000*
3	*$ 27,000*
4	*$ 27,000*
5	*$ 27,000*
6	*$ 27,000*
7	*$ 27,000*
8	*$ 27,000*
9	*$ 27,000*
10	*$ 27,000 + 500 = 27,500*

القيمة الحالية، القيمة المستقبلية، والقيمة السنوية

* مقارنات القيمة الحالية تحول كل التدفقات النقدية إلى قيم مالية حالية.
* مقارنات القيمة المستقبلية تحول كل التدفقات النقدية إلى قيم مستقبلية عند زمن مستقبلى معروف (عادة يكون عند نهاية دورة دراسة المشروع، فى المثال السابق تكون نهاية العشرة سنوات).
* تحليل القيمة السنوية تحول كل التدفقات النقدية إلى متوالية سنوية منتظمة خلال دورة الدراسة (فى المثال السابق تكون عشرة سنوات).

فى مثال (١٥) السابق توجد ثلاثة نماذج مختلفة للتدفقات النقدية، التكلفة الأولية *(initial*

cost)، الوفر السنوى (annual savings)، قيمة الهالك (Salvage value) تحول هذه القيم باستخدام عوامل الفائدة المركبة. تكون اشارة التكاليف سالبه بينما اشارة الفوائد موجبه.

ستستخدم الرموز التالية للتبسيط :

* القيمة الحالية (Present Worth) يرمز لها PW
* القيمة المستقبلية (Fature Worth) يرمز لها FW
* القيمة السنوية (Annual Worth) يرمز لها AW

تدل الاشارة الموجبه للقيمة PW أو FW أو AW على أن المشروع مقبول اقتصاديا والتكلفة فعلية عند MARR معطاه. من الاهمية معرفة أن هذه القيم الثلاثة المقاسة تكون متكافئة اقتصاديا. هذا يعنى أنه إذا تحولت القيمة AW إلى FW أو PW فاننا سنحصل على نفس القيمة العددية لـ FW أو PW لتوضيح ذلك سنستخدم القيم المذكورة فى المثال (١٥) ونحسب كل من PW, FW, A W

ايجاد القيمة الحالية PW للمشروع باستخدام العامل P/ A لايجاد التدفق النقدى المكافئ لمتواليه الوفر السنوى 27,000 $ لمدة 10 سنوات، MARR = 10%

وباستخدام العامل P/F لخصم قيمة الهالك 500 $ لمدة عشرة سنوات إلى الآن بداية من العام الأول. وتعتبر تكلفة المشروع 100,1000 $ قيمة حالية وعلى ذلك يجب دفعها فى بداية المشروع.

$$\therefore PW = - \$\, 100{,}000 + 27{,}000\, (P/ A_{10,10}) + \$\, 500\, (P / F_{10,10})$$

$$(P/ A_{10,10}) = 6.1446$$ من جدول (١ - ٨)

$$(p / F_{10,10}) = 0.3855$$

$$\therefore PW = - 100{,}000 + 27{,}000\, (6.1446) + 500\, (0.3855) = \$\, 66{,}097$$

هذه النتيجة تعنى أن القيمة الحالية لفوائد المشروع تتعدى القيمة الحالية للتكلفة بمبلغ 66,097 $ أى أن هذا المشروع له تكلفة فعليه عالية.

* إيجاد القيمة المستقبلية FW للمشروع

نحصل على FW بحساب التدفق النقدى المكافئ عند نهاية السنه العاشرة. يستخدم العامل F/ P لتحريك التكلفة 100,000 $ لقيمة عند نهاية العشرة سنوات ويستخدم العامل F/ A لايجاد القيمة المستقبلية لمتوالية الوفر السنوى 27,000 $ لزمن عمر المشروع 10 سنوات. تكون قيمة الهالك 500 $ موضوعه اساساً عند نهاية السنه العاشرة وعلى ذلك تضاف مباشرة.

$$FW = -\$\,100,000\,(F/P_{10,10}) + \$\,27,000\,(F/A_{10,10}) + \$\,500$$

من جدول (١ – ٨) تحصل على

$(F/P_{10,10}) = 2.5937$

$(F/A_{10,10}) = 15.9374$

$\therefore FW = \$\,171,399$

تؤكد القيمة المستقبلية الموجبه أن تكلفة المشروع فعليه.

* إيجاد القيمة السنوية AW للمشروع :

سيتم تخفيض التكلفة الأولية وقيمة التعويض إلى كميات سنوية منتظمة متكافئة على سنوات عمر المشروع.

باستخدام العامل A/P لتكلفة المشروع

واستخدام العامل A/F لقيمة الهالك.

$$\therefore AW = -\$\,100,000\,(A/P_{10,10}) + \$\,27,000 + \$\,500\,(A/F_{10,10})$$

من جدول (١ – ٨) نحصل على

$(A/P_{10,10}) = 0.1627$

$(A/F_{10,10}) = 0.0627$

$\therefore AW = \$\,10,751$

يلاحظ من هذه النتيجة، أنه حتى بعد تخفيض الوفر عند $MARR = 10\%$ فمازال الوفر النهائى $\$\,10,751$ لكل عام من تطبيق النظام الجديد المقترح للتسخين. مما سبق يتضح أن كل من PW, FW, AW جميعها موجبه وهذا يشير إلى أن هذا المشروع يجب أن يستمر ويتواصل من وجهة نظر الاقتصاد.

نسبة الفائدة إلى التكلفة أو نسبة الوفر إلى الاستثمار

يرمز لنسبة الفائدة إلى التكلفة الرموز (BCR)

ويرمز لنسبة الوفر إلى الاستثمار بالرموز (SIR)

لحساب هذه النسبة، نحسب القيمة الحالية لجميع الفوائد ثم نحسب القيمة الحالية لكل التكاليف ثم نحسب النسبة بينهما

(أى أن $SIR = \frac{PV\ (saving)}{PV\ (cost)}$ حيث *(PV = Present Value)* تعتبر النسبة *BCR* أو *SIR* بديل آخر لاتخاذ القرار الاقتصادى.

يجب تحديد ما المقصود بالفوائد *(Benefits)* والتكاليف *(Costs)*.

تعرف الفوائد كل ما يعنى بالمميزات، ولا يوجد أية عيوب، للمستخدمين.

وتعنى التكاليف، كل التكاليف، بدون أية وفورات، سيتعرض لها الممول.

من هذه المعانى، فان قيمة الهالك تقلل التكاليف للممول، وتزيد الفوائد للمستخدم

يجب أن تكون نسبة الفوائد إلى التكاليف أكبر من الواحد الصحيح حتى نضمن أن تكلفة المشروع فعاله.

فى المثال (١٥) فان التكلفة الوحيدة هى التكلفة الاساسية والتى تكون فى بداية المشروع فقط وعلى ذلك فهى القيمة الفعلية *(PW)*. قيمة الهالك *$ 500* سوف تقلل التكاليف. الفائدة الوحيدة هى الوفر السنوى.

$PW = \$\ 27000\ (P\ /\ A_{10,10}) = \$\ 165,900$ للوفر السنوى

$PW = \$\ 500\ (P\ /\ F_{10,10}) = \$\ 193$ لقيمة الهالك

$= \$\ 165,900$ القيمة الحالية لجميع الفوائد

$= \$\ 100,000 - \$\ 193 = \$\ 99,807$ القيمة الحالية للتكاليف

$$\therefore\ BCR = \frac{165,900}{99,807} = 1.66$$

وحيث أن *BCR* أكبر من الواحد فان المشروع يكون فعالاً اقتصاديا.

معدل الاسترجاع الداخلى *Internal Rate of Return*

والذى يرمز له بالرموز *IRR*

ويعرف معدل الاسترجاع الداخلى بانه معدل الفائدة *(interest rate)* أو معدل الخصم *(discount rate)* الذى يجعل القيمة الحالية لتكلفة المشروع مساوية للقيمة الحالية لفوائد المشروع اذا كان المعدل *IRR* المحسوب أكبر من معدل أقل استرجاع مغرى *(MARR)* للنظام، فتكون تكلفة المشروع فعليه.

كثير من أصحاب الأعمال الخاصة يفضلون طريقة *(IRR)* لاستخدامها فى مقارنه *MARR* والتى تكون محددة مسبقا للمشروع.

مثال (١٦)

تستخدم وحدة تسخين لحيز مفرد لتدفئه مكتب صغير. تكلفة نظام تجديد الهواء المتغير $ 100,000 ويقدر الوفر الناتج من استخدامه 450,000 kwh/ year لعمره الاقتصادى والمقدر 10 سنوات. هذه الشركة تستخدم MARR = 10% إذا كان سعر الكهرباء $ 0.06 / kwh و قيمة الهالك (Salvage value) فى نهاية المدة $ 500 أحسب IRR

الحل :

$P = \$ 100,000$

$n = 10$

$A = (450,000 \text{ kwh}) (\$ 0.06/ \text{kwh}) = \$ 27,000$

القيمة المستقبلية للهالك $F = 500 (P/ F_{i,10})$

وتكون المعادلة كالآتى :

$$\$ 100,000 = \$ 27,000 (P / A_{i,10}) + \$ 500 (P / F_{i,10})$$

وتسمى قيمة I التى تجعل هذه المعادلة متزنه بمعدل الاسترجاع الداخلى IRR توجد برامج حاسب آلى لحساب هذه المعادلة أو يمكن حلها باستخدام طريقة المحاولة والخطأ (trial & error) وبمساعدة الجداول من (١ – ٨) إلى (١ – ١٦)

وحيث أن قيمة الهالك صغيرة بالمقارنة بالقيم P, A فيمكن البدء بالمعادلة

$$\$ 100,000 = \$ 27,000 (P / A_{i,10})$$

$$(P / A_{i,10}) = \frac{100,000}{27,000} = 3.7037$$

بالبحث فى الجداول من (١ – ٨) إلى (١ – ١٦) عند $(P/ A_{i,10}) = 3.7037, n = 10$

نحصل على :

فى الجدول (١ – ١٢) نجد أن $(P/ A_{25,10}) = 3.5702$ وهى أقرب قيمة للرقم 3.7037 أى أن $i = 25\%$

فى الجدول (١ – ١١) نجد أن $(P / A_{20,10}) = 4.1925$ عند $i = 20\%$

وعلى ذلك يمكن فرض أن قيمة I أو IRR تساوى 24%

يمكن إيجاد الحل الحقيقى باستخدام برنامج حاسب آلى للتحليل الاقتصادى، والذى يعطى نتيجة $IRR = 23.8\%$

وهى قريبة من الحل التقريبى

حيث أن للشركة $MARR = 10\%$ فان النتيجة $IRR = 23.8\%$ تشير إلى أن المشروع استثمار ممتاز

تكاليف دورة الحياه (Life Cycle Costing)

والذى يرمز له بالرموز (LCC)، تعرف تكاليف دورة الحياة لمشروع أو لمعدة بانها التكلفة الكلية للشراء والتشغيل طوال عمر الخدمة الكلى. ونحصل على LCC من المعادلة :

$$LCC = PV\ (Purchase\ cost) + PV\ (Saving\ or\ operating\ cost) \quad (7)$$

حيث :

$PV = Present\ value$ = القيمة الحالية

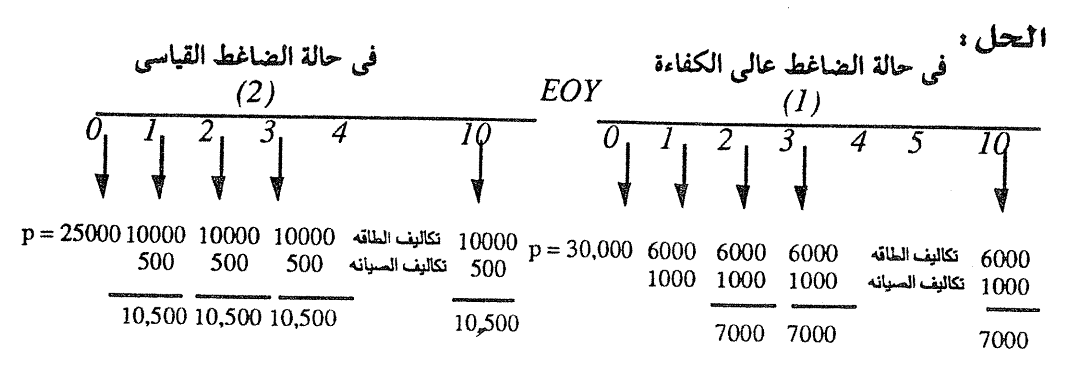
مثال (١٧)

يراد شراء ضاغط هواء عالى الكفاءة. تكلفة الضاغط 30,000 $ سيحتاج إلى 1000 $ لاجراء الصيانه كل عام لعمر تشغيل 10 سنوات تكلفة الطاقة 6,000 $ كل عام.

يتكلف الضاغط القياسى 25,000 $ ويحتاج إلى 500 $ لاجراء الصيانة كل عام تكلفة الطاقة 10,000 $ كل عام.

إذا كان $MARR = 10\%$ احسب تكاليف دورة الحياة فى حالتى الضاغط عالى الكفاءة والضاغط القياسى واذكر أيهما أكثر اقتصادا

الحل :



بتطبيق المعادلة رقم (7) على الحالتين (1) ,(2) نحصل على

$$LCC\ (1) = 30,000 + 7000\ (P / A\ _{10,10})$$

$$= 30,000 + 7000\ (6.1446)$$

$$= \$\ 73,012$$

$$LCC\,(2) = 2500 + 10500\,(P/A_{10,10})$$
$$= 2500 + 10500\,(6.1446)$$
$$= \$\,89{,}518$$

من الحل السابق نجد أن شراء ضاغط هواء عالى الكفاءة هو الاختيار الأكثر اقتصادا.

مثال (١٨)

أى الاقتراحين أفضل اقتصاديا :

محرك ١ :

ثمن المحرك $4000 \$$ تكلفة التشغيل $14500 \$$ كل عام

محرك ٢ :

ثمن المحرك $3000 \$$ تكلفة التشغيل $15000 \$$ كل عام

معدل الخصم 10% والعمر 10 سنوات

الحل :

بتطبيق المعادلة رقم (٧) نحصل على

$$LCC = PV\,(Purchase\ cost) + PV\,(Operating\ cost)$$

$$LCC\,(1) = 4000 + 14500\,(P/A_{10,10})$$
$$= 4000 + 14500\,(6.1446)$$
$$= \$\,93096$$

$$LCC\,(2) = 3000 + 15000\,(P/A_{10,10})$$
$$= 3000 + 15000\,(6.1446)$$
$$= \$\,95160$$

وعلى ذلك فان المحرك رقم ١ هو الاختيار الاقتصادى.

مثال (١٩)

مهندس المشروع اقترح استخدام نوعين من العزل، تختلف التكلفة والوفر تبعا للآتى :

	السمك	التكلفة	الوفر السنوى	العمر
النوع الأول	2 cm	$ 10,000	$ 3,000	5 Yr
النوع الثانى	5 cm	$ 15,000	$ 4,500	5 Yr

أى النوعين أفضل إذا كان $i = 15\%$

الحل :

$p = 10{,}000$ $A = 3{,}000$ $p = 15000$ $A = 4{,}500$

0 1 2 3 4 5 0 1 2 3 4 5

النوع الأول النوع الثانى

صافى القيمة الحالية = القيمة الحالية للوفر – القيمة الحالية للتكلفة

Net Present Value = NPV = PV (Saving) - PV (cost)

$PV_1\ (cost) = \$\ 10000$

$PV_1\ (saving) = 3000\ (P/A_{\ 15.5}) = 3000\ (3.352) = 10056$

$\therefore\ NPV_1 = 10056 - 10000 = \$\ 56$

$PV_2\ (cost) = \$\ 15000$

$PV_2\ (Saving) = 4500\ (P/A_{\ 15,5}) = 4500\ (3.352) = 15084$

$\therefore\ NPV_2 = 15084 - 15000 = \$\ 84$

وعلى ذلك نختار الحالة الثانية (العزل 5 cm) أى نختار الحالة التى لها *NPV* أكبر .

الضرائب والاهلاك *Taxes and Depreciation*

تعتبر الضرائب والاهلاك مؤثرات فعاله فى تحليل دورة الحياة لمشروعات الطاقة، ويجب

أن تؤخذ فى الاعتبار فى المشاريع الكبيرة والتى يدفع لها ضرائب.

يعرف الاهلاك بأنه النسبة بين التكلفة وعمر الحياه أى أن

$$Depreciation = D = \frac{cost}{Life\ time}$$

مثال (٢٠)

سعر محرك عالى الكفاءة *10,000 $* وعمره الافتراضى *10* أعوام احسب الاهلاك *(D)*

الحل :

$$D = \frac{\$\ 10,000}{10} = \$\ 1000/\ year$$

يرمز لمعدل الضرائب *(Tax rate)* بالرموز *TR* ويتم حساب قيمة الوفر *(Saving)* بعد خصم الضرائب تبعا للمعادلة التالية.

$$After\ Tax\ Saving = ATS = A - ((A - D)\ (TR))$$

حيث

ATS = الوفر بعد خصم الضرائب

A = الوفر

D = معدل الاهلاك

مثال (٢١)

$A = \$\ 2000\ /\ year$

$P = \$\ 10,000$

$Life = 10\ year$

$TR = 33\%$

احسب الوفر بعد خصم الضرائب

$$D = \frac{cost}{Life\ time} = \frac{10,000}{10} = 1000$$

$$\therefore\ ATS = 2000 - (2000 - 1000)\ (0.33)$$

$$= 2000 - 330 = \$\ 1670\ /\ year$$

التضخم *Inflation*

هو تعبير للخسارة في شراء قوة الدولار فى فترة زمنية. ويجب أن تؤخذ فى الحسابات فى تحليلات دورة الحياة.

Time Value of Money Factors - Discrete Compounding
i = 10%

n	Single Sums		Uniform Series				Gradient Series	
	To Find F Given P (F|P,i%,n)	To Find P Given F (P|F,i%,n)	To Find F Given A (F|A,i%,n)	To Find A Given F (A|F,i%,n)	To Find P Given A (P|A,i%,n)	To Find A Given P (A|P,i%,n)	To Find P Given G (P|G,i%,n)	To Find A Given G (A|G,i%,n)
1	1.1000	0.9091	1.0000	1.0000	0.9091	1.1000	0.0000	0.0000
2	1.2100	0.8264	2.1000	0.4762	1.7355	0.5762	0.8264	0.4762
3	1.3310	0.7513	3.3100	0.3021	2.4869	0.4021	2.3291	0.9366
4	1.4641	0.6830	4.6410	0.2155	3.1699	0.3155	4.3781	1.3812
5	1.6105	0.6209	6.1051	0.1638	3.7908	0.2638	6.8618	1.8101
6	1.7716	0.5645	7.7156	0.1296	4.3553	0.2296	9.6842	2.2236
7	1.9487	0.5132	9.4872	0.1054	4.8684	0.2054	12.7631	2.6216
8	2.1436	0.4665	11.4359	0.0874	5.3349	0.1874	16.0287	3.0045
9	2.3579	0.4241	13.5795	0.0736	5.7590	0.1736	19.4215	3.3724
10	2.5937	0.3855	15.9374	0.0627	6.1446	0.1627	22.8913	3.7255
11	2.8531	0.3505	18.5312	0.0540	6.4951	0.1540	26.3963	4.0641
12	3.1384	0.3186	21.3843	0.0468	6.8137	0.1468	29.9012	4.3884
13	3.4523	0.2897	24.5227	0.0408	7.1034	0.1408	33.3772	4.6988
14	3.7975	0.2633	27.9750	0.0357	7.3667	0.1357	36.8005	4.9955
15	4.1772	0.2394	31.7725	0.0315	7.6061	0.1315	40.1520	5.2789
16	4.5950	0.2176	35.9497	0.0278	7.8237	0.1278	43.4164	5.5493
17	5.0545	0.1978	40.5447	0.0247	8.0216	0.1247	46.5819	5.8071
18	5.5599	0.1799	45.5992	0.0219	8.2014	0.1219	49.6395	6.0526
19	6.1159	0.1635	51.1591	0.0195	8.3649	0.1195	52.5827	6.2861
20	6.7275	0.1486	57.2750	0.0175	8.5136	0.1175	55.4069	6.5081
21	7.4002	0.1351	64.0025	0.0156	8.6487	0.1156	58.1095	6.7189
22	8.1403	0.1228	71.4027	0.0140	8.7715	0.1140	60.6893	6.9189
23	8.9543	0.1117	79.5430	0.0126	8.8832	0.1126	63.1462	7.1085
24	9.8497	0.1015	88.4973	0.0113	8.9847	0.1113	65.4813	7.2881
25	10.8347	0.0923	98.3471	0.0102	9.0770	0.1102	67.6964	7.4580
26	11.9182	0.0839	109.1818	9.159E-03	9.1609	0.1092	69.7940	7.6186
27	13.1100	0.0763	121.0999	8.258E-03	9.2372	0.1083	71.7773	7.7704
28	14.4210	0.0693	134.2099	7.451E-03	9.3066	0.1075	73.6495	7.9137
29	15.8631	0.0630	148.6309	6.728E-03	9.3696	0.1067	75.4146	8.0489
30	17.4494	0.0573	164.4940	6.079E-03	9.4269	0.1061	77.0766	8.1762
36	30.9127	0.0323	299.1268	3.343E-03	9.6765	0.1033	85.1194	8.7965
42	54.7637	0.0183	537.6370	1.860E-03	9.8174	0.1019	90.5047	9.2188
48	97.0172	0.0103	960.1723	1.041E-03	9.8969	0.1010	94.0217	9.5001
54	171.8719	5.818E-03	1.709E+03	5.852E-04	9.9418	0.1006	96.2763	9.6840
60	304.4816	3.284E-03	3.035E+03	3.295E-04	9.9672	0.1003	97.7010	9.8023
66	539.4078	1.854E-03	5.384E+03	1.857E-04	9.9815	0.1002	98.5910	9.8774
72	955.5938	1.046E-03	9.546E+03	1.048E-04	9.9895	0.1001	99.1419	9.9246
120	9.271E+04	1.079E-05	9.271E+05	1.079E-06	9.9999	0.1000	99.9860	9.9987
180	2.823E+07	3.543E-08	2.823E+08	3.543E-09	10.0000	0.1000	99.9999	10.0000
360	7.968E+14	1.255E-15	7.968E+15	1.255E-16	10.0000	0.1000	100.0000	10.0000

جدول (١ - ٨)

(ادارة طلب الطاقه - ٢)

Time Value of Money Factors - Discrete Compounding
i = 12%

n	Single Sums		Uniform Series				Gradient Series	
	To Find F Given P (F|P,i%,n)	To Find P Given F (P|F,i%,n)	To Find F Given A (F|A,i%,n)	To Find A Given F (A|F,i%,n)	To Find P Given A (P|A,i%,n)	To Find A Given P (A|P,i%,n)	To Find P Given G (P|G,i%,n)	To Find A Given G (A|G,i%,n)
1	1.1200	0.8929	1.0000	1.0000	0.8929	1.1200	0.0000	0.0000
2	1.2544	0.7972	2.1200	0.4717	1.6901	0.5917	0.7972	0.4717
3	1.4049	0.7118	3.3744	0.2963	2.4018	0.4163	2.2208	0.9246
4	1.5735	0.6355	4.7793	0.2092	3.0373	0.3292	4.1273	1.3589
5	1.7623	0.5674	6.3528	0.1574	3.6048	0.2774	6.3970	1.7746
6	1.9738	0.5066	8.1152	0.1232	4.1114	0.2432	8.9302	2.1720
7	2.2107	0.4523	10.0890	0.0991	4.5638	0.2191	11.6443	2.5515
8	2.4760	0.4039	12.2997	0.0813	4.9676	0.2013	14.4714	2.9131
9	2.7731	0.3606	14.7757	0.0677	5.3282	0.1877	17.3563	3.2574
10	3.1058	0.3220	17.5487	0.0570	5.6502	0.1770	20.2541	3.5847
11	3.4785	0.2875	20.6546	0.0484	5.9377	0.1684	23.1288	3.8953
12	3.8960	0.2567	24.1331	0.0414	6.1944	0.1614	25.9523	4.1897
13	4.3635	0.2292	28.0291	0.0357	6.4235	0.1557	28.7024	4.4683
14	4.8871	0.2046	32.3926	0.0309	6.6282	0.1509	31.3624	4.7317
15	5.4736	0.1827	37.2797	0.0268	6.8109	0.1468	33.9202	4.9803
16	6.1304	0.1631	42.7533	0.0234	6.9740	0.1434	36.3670	5.2147
17	6.8660	0.1456	48.8837	0.0205	7.1196	0.1405	38.6973	5.4353
18	7.6900	0.1300	55.7497	0.0179	7.2497	0.1379	40.9080	5.6427
19	8.6128	0.1161	63.4397	0.0158	7.3658	0.1358	42.9979	5.8375
20	9.6463	0.1037	72.0524	0.0139	7.4694	0.1339	44.9676	6.0202
21	10.8038	0.0926	81.6987	0.0122	7.5620	0.1322	46.8188	6.1913
22	12.1003	0.0826	92.5026	0.0108	7.6446	0.1308	48.5543	6.3514
23	13.5523	0.0738	104.6029	9.560E-03	7.7184	0.1296	50.1776	6.5010
24	15.1786	0.0659	118.1552	8.463E-03	7.7843	0.1285	51.6929	6.6406
25	17.0001	0.0588	133.3339	7.500E-03	7.8431	0.1275	53.1046	6.7708
26	19.0401	0.0525	150.3339	6.652E-03	7.8957	0.1267	54.4177	6.8921
27	21.3249	0.0469	169.3740	5.904E-03	7.9426	0.1259	55.6369	7.0049
28	23.8839	0.0419	190.6989	5.244E-03	7.9844	0.1252	56.7674	7.1098
29	26.7499	0.0374	214.5828	4.660E-03	8.0218	0.1247	57.8141	7.2071
30	29.9599	0.0334	241.3327	4.144E-03	8.0552	0.1241	58.7821	7.2974
36	59.1356	0.0169	484.4631	2.064E-03	8.1924	0.1221	63.1970	7.7141
42	116.7231	8.567E-03	964.3595	1.037E-03	8.2619	0.1210	65.8509	7.9704
48	230.3908	4.340E-03	1.912E+03	5.231E-04	8.2972	0.1205	67.4068	8.1241
54	454.7505	2.199E-03	3.781E+03	2.645E-04	8.3150	0.1203	68.3022	8.2143
60	897.5969	1.114E-03	7.472E+03	1.338E-04	8.3240	0.1201	68.8100	8.2664
66	1.772E+03	5.644E-04	1.476E+04	6.777E-05	8.3286	0.1201	69.0948	8.2961
72	3.497E+03	2.860E-04	2.913E+04	3.432E-05	8.3310	0.1200	69.2530	8.3127
120	8.057E+05	1.241E-06	6.714E+06	1.489E-07	8.3333	0.1200	69.4431	8.3332
180	7.232E+08	1.383E-09	6.026E+09	1.659E-10	8.3333	0.1200	69.4444	8.3333
360	5.230E+17	1.912E-18	4.358E+18	2.295E-19	8.3333	0.1200	69.4444	8.3333

جدول (١ - ٩)

Time Value of Money Factors - Discrete Compounding
i = 15%

	Single Sums		Uniform Series				Gradient Series	
n	To Find F Given P (F|P,i%,n)	To Find P Given F (P|F,i%,n)	To Find F Given A (F|A,i%,n)	To Find A Given F (A|F,i%,n)	To Find P Given A (P|A,i%,n)	To Find A Given P (A|P,i%,n)	To Find P Given G (P|G,i%,n)	To Find A Given G (A|G,i%,n)
1	1.1500	0.8696	1.0000	1.0000	0.8696	1.1500	0.0000	0.0000
2	1.3225	0.7561	2.1500	0.4651	1.6257	0.6151	0.7561	0.4651
3	1.5209	0.6575	3.4725	0.2880	2.2832	0.4380	2.0712	0.9071
4	1.7490	0.5718	4.9934	0.2003	2.8550	0.3503	3.7864	1.3263
5	2.0114	0.4972	6.7424	0.1483	3.3522	0.2983	5.7751	1.7228
6	2.3131	0.4323	8.7537	0.1142	3.7845	0.2642	7.9368	2.0972
7	2.6600	0.3759	11.0668	0.0904	4.1604	0.2404	10.1924	2.4498
8	3.0590	0.3269	13.7268	0.0729	4.4873	0.2229	12.4807	2.7813
9	3.5179	0.2843	16.7858	0.0596	4.7716	0.2096	14.7548	3.0922
10	4.0456	0.2472	20.3037	0.0493	5.0188	0.1993	16.9795	3.3832
11	4.6524	0.2149	24.3493	0.0411	5.2337	0.1911	19.1289	3.6549
12	5.3503	0.1869	29.0017	0.0345	5.4206	0.1845	21.1849	3.9082
13	6.1528	0.1625	34.3519	0.0291	5.5831	0.1791	23.1352	4.1438
14	7.0757	0.1413	40.5047	0.0247	5.7245	0.1747	24.9725	4.3624
15	8.1371	0.1229	47.5804	0.0210	5.8474	0.1710	26.6930	4.5650
16	9.3576	0.1069	55.7175	0.0179	5.9542	0.1679	28.2960	4.7522
17	10.7613	0.0929	65.0751	0.0154	6.0472	0.1654	29.7828	4.9251
18	12.3755	0.0808	75.8364	0.0132	6.1280	0.1632	31.1565	5.0843
19	14.2318	0.0703	88.2118	0.0113	6.1982	0.1613	32.4213	5.2307
20	16.3665	0.0611	102.4436	9.761E-03	6.2593	0.1598	33.5822	5.3651
21	18.8215	0.0531	118.8101	8.417E-03	6.3125	0.1584	34.6448	5.4883
22	21.6447	0.0462	137.6316	7.266E-03	6.3587	0.1573	35.6150	5.6010
23	24.8915	0.0402	159.2764	6.278E-03	6.3988	0.1563	36.4988	5.7040
24	28.6252	0.0349	184.1678	5.430E-03	6.4338	0.1554	37.3023	5.7979
25	32.9190	0.0304	212.7930	4.699E-03	6.4641	0.1547	38.0314	5.8834
26	37.8568	0.0264	245.7120	4.070E-03	6.4906	0.1541	38.6918	5.9612
27	43.5353	0.0230	283.5688	3.526E-03	6.5135	0.1535	39.2890	6.0319
28	50.0656	0.0200	327.1041	3.057E-03	6.5335	0.1531	39.8283	6.0960
29	57.5755	0.0174	377.1697	2.651E-03	6.5509	0.1527	40.3146	6.1541
30	66.2118	0.0151	434.7451	2.300E-03	6.5660	0.1523	40.7526	6.2066
36	153.1519	6.529E-03	1.014E+03	9.859E-04	6.6231	0.1510	42.5872	6.4301
42	354.2495	2.823E-03	2.355E+03	4.246E-04	6.6478	0.1504	43.5286	6.5478
48	819.4007	1.220E-03	5.456E+03	1.833E-04	6.6585	0.1502	43.9997	6.6080
54	1.895E+03	5.276E-04	1.263E+04	7.918E-05	6.6631	0.1501	44.2311	6.6382
60	4.384E+03	2.281E-04	2.922E+04	3.422E-05	6.6651	0.1500	44.3431	6.6530
66	1.014E+04	9.861E-05	6.760E+04	1.479E-05	6.6660	0.1500	44.3967	6.6602
72	2.346E+04	4.263E-05	1.564E+05	6.395E-06	6.6664	0.1500	44.4221	6.6636
120	1.922E+07	5.203E-08	1.281E+08	7.805E-09	6.6667	0.1500	44.4444	6.6667
180	8.426E+10	1.187E-11	5.617E+11	1.780E-12	6.6667	0.1500	44.4444	6.6667
360	7.099E+21	1.409E-22	4.733E+22	2.113E-23	6.6667	0.1500	44.4444	6.6667

جدول (١ - ١٠)

Time Value of Money Factors - Discrete Compounding
i = 20%

n	Single Sums		Uniform Series				Gradient Series	
	To Find F Given P (F|P,i%,n)	To Find P Given F (P|F,i%,n)	To Find F Given A (F|A,i%,n)	To Find A Given F (A|F,i%,n)	To Find P Given A (P|A,i%,n)	To Find A Given P (A|P,i%,n)	To Find P Given G (P|G,i%,n)	To Find A Given G (A|G,i%,n)
1	1.2000	0.8333	1.0000	1.0000	0.8333	1.2000	0.0000	0.0000
2	1.4400	0.6944	2.2000	0.4545	1.5278	0.6545	0.6944	0.4545
3	1.7280	0.5787	3.6400	0.2747	2.1065	0.4747	1.8519	0.8791
4	2.0736	0.4823	5.3680	0.1863	2.5887	0.3863	3.2986	1.2742
5	2.4883	0.4019	7.4416	0.1344	2.9906	0.3344	4.9061	1.6405
6	2.9860	0.3349	9.9299	0.1007	3.3255	0.3007	6.5806	1.9788
7	3.5832	0.2791	12.9159	0.0774	3.6046	0.2774	8.2551	2.2902
8	4.2998	0.2326	16.4991	0.0606	3.8372	0.2606	9.8831	2.5756
9	5.1598	0.1938	20.7989	0.0481	4.0310	0.2481	11.4335	2.8364
10	6.1917	0.1615	25.9587	0.0385	4.1925	0.2385	12.8871	3.0739
11	7.4301	0.1346	32.1504	0.0311	4.3271	0.2311	14.2330	3.2893
12	8.9161	0.1122	39.5805	0.0253	4.4392	0.2253	15.4667	3.4841
13	10.6993	0.0935	48.4966	0.0206	4.5327	0.2206	16.5883	3.6597
14	12.8392	0.0779	59.1959	0.0169	4.6106	0.2169	17.6008	3.8175
15	15.4070	0.0649	72.0351	0.0139	4.6755	0.2139	18.5095	3.9588
16	18.4884	0.0541	87.4421	0.0114	4.7296	0.2114	19.3208	4.0851
17	22.1861	0.0451	105.9306	9.440E-03	4.7746	0.2094	20.0419	4.1976
18	26.6233	0.0376	128.1167	7.805E-03	4.8122	0.2078	20.6805	4.2975
19	31.9480	0.0313	154.7400	6.462E-03	4.8435	0.2065	21.2439	4.3861
20	38.3376	0.0261	186.6880	5.357E-03	4.8696	0.2054	21.7395	4.4643
21	46.0051	0.0217	225.0256	4.444E-03	4.8913	0.2044	22.1742	4.5334
22	55.2061	0.0181	271.0307	3.690E-03	4.9094	0.2037	22.5546	4.5941
23	66.2474	0.0151	326.2369	3.065E-03	4.9245	0.2031	22.8867	4.6475
24	79.4968	0.0126	392.4842	2.548E-03	4.9371	0.2025	23.1760	4.6943
25	95.3962	0.0105	471.9811	2.119E-03	4.9476	0.2021	23.4276	4.7352
26	114.4755	8.735E-03	567.3773	1.762E-03	4.9563	0.2018	23.6460	4.7709
27	137.3706	7.280E-03	681.8528	1.467E-03	4.9636	0.2015	23.8353	4.8020
28	164.8447	6.066E-03	819.2233	1.221E-03	4.9697	0.2012	23.9991	4.8291
29	197.8136	5.055E-03	984.0680	1.016E-03	4.9747	0.2010	24.1406	4.8527
30	237.3763	4.213E-03	1.182E+03	8.461E-04	4.9789	0.2008	24.2628	4.8731
36	708.8019	1.411E-03	3.539E+03	2.826E-04	4.9929	0.2003	24.7108	4.9491
42	2.116E+03	4.725E-04	1.058E+04	9.454E-05	4.9976	0.2001	24.8890	4.9801
48	6.320E+03	1.582E-04	3.159E+04	3.165E-05	4.9992	0.2000	24.9581	4.9924
54	1.887E+04	5.299E-05	9.435E+04	1.060E-05	4.9997	0.2000	24.9844	4.9971
60	5.635E+04	1.775E-05	2.817E+05	3.549E-06	4.9999	0.2000	24.9942	4.9989
66	1.683E+05	5.943E-06	8.413E+05	1.189E-06	5.0000	0.2000	24.9979	4.9996
72	5.024E+05	1.990E-06	2.512E+06	3.981E-07	5.0000	0.2000	24.9992	4.9999
120	3.175E+09	3.150E-10	1.588E+10	6.299E-11	5.0000	0.2000	25.0000	5.0000
180	1.780E+14	5.500E-15	8.045E+14	1.118E-15	5.0000	0.2000	25.0000	5.0000
360	3.201E+28	3.124E-29	1.600E+29	6.249E-30	5.0000	0.2000	25.0000	5.0000

جدول (١ - ١١)

(ادارة طلب الطاقه - ٢)

Time Value of Money Factors - Discrete Compounding
i = 25%

	Single Sums		Uniform Series				Gradient Series	
n	To Find F Given P (F|P,i%,n)	To Find P Given F (P|F,i%,n)	To Find F Given A (F|A,i%,n)	To Find A Given F (A|F,i%,n)	To Find P Given A (P|A,i%,n)	To Find A Given P (A|P,i%,n)	To Find P Given G (P|G,i%,n)	To Find A Given G (A|G,i%,n)
1	1.2500	0.8000	1.0000	1.0000	0.8000	1.2500	0.0000	0.0000
2	1.5625	0.6400	2.2500	0.4444	1.4400	0.6944	0.6400	0.4444
3	1.9531	0.5120	3.8125	0.2623	1.9520	0.5123	1.6640	0.8525
4	2.4414	0.4096	5.7656	0.1734	2.3616	0.4234	2.8928	1.2249
5	3.0518	0.3277	8.2070	0.1218	2.6893	0.3718	4.2035	1.5631
6	3.8147	0.2621	11.2588	0.0888	2.9514	0.3388	5.5142	1.8683
7	4.7684	0.2097	15.0735	0.0663	3.1611	0.3163	6.7725	2.1424
8	5.9605	0.1678	19.8419	0.0504	3.3289	0.3004	7.9469	2.3872
9	7.4506	0.1342	25.8023	0.0388	3.4631	0.2888	9.0207	2.6048
10	9.3132	0.1074	33.2529	0.0301	3.5705	0.2801	9.9870	2.7971
11	11.6415	0.0859	42.5661	0.0235	3.6564	0.2735	10.8460	2.9663
12	14.5519	0.0687	54.2077	0.0184	3.7251	0.2684	11.6020	3.1145
13	18.1899	0.0550	68.7596	0.0145	3.7801	0.2645	12.2617	3.2437
14	22.7374	0.0440	86.9495	0.0115	3.8241	0.2615	12.8334	3.3559
15	28.4217	0.0352	109.6868	0.0091	3.8593	0.2591	13.3260	3.4530
16	35.5271	0.0281	138.1085	0.0072	3.8874	0.2572	13.7482	3.5366
17	44.4089	0.0225	173.6357	5.759E-03	3.9099	0.2558	14.1085	3.6084
18	55.5112	0.0180	218.0446	4.580E-03	3.9279	0.2546	14.4147	3.6698
19	69.3889	0.0144	273.5558	3.656E-03	3.9424	0.2537	14.6741	3.7222
20	86.7362	0.0115	342.9447	2.916E-03	3.9539	0.2529	14.8932	3.7667
21	108.4202	0.0092	429.6809	2.327E-03	3.9631	0.2523	15.0777	3.8045
22	135.5253	0.0074	538.1011	1.858E-03	3.9705	0.2519	15.2326	3.8365
23	169.4066	0.0059	673.6264	1.485E-03	3.9764	0.2515	15.3625	3.8634
24	211.7582	0.0047	843.0329	1.186E-03	3.9811	0.2512	15.4711	3.8861
25	264.6978	0.0038	1054.7912	9.481E-04	3.9849	0.2509	15.5618	3.9052
26	330.8722	3.022E-03	1319.4890	7.579E-04	3.9879	0.2508	15.6373	3.9212
27	413.5903	2.418E-03	1650.3612	6.059E-04	3.9903	0.2506	15.7002	3.9346
28	516.9879	1.934E-03	2063.9515	4.845E-04	3.9923	0.2505	15.7524	3.9457
29	646.2349	1.547E-03	2580.9394	3.875E-04	3.9938	0.2504	15.7957	3.9551
30	807.7936	1.238E-03	3.227E+03	3.099E-04	3.9950	0.2503	15.8316	3.9628
36	3081.4879	3.245E-04	1.232E+04	8.116E-05	3.9987	0.2501	15.9481	3.9883
42	1.175E+04	8.507E-05	4.702E+04	2.127E-05	3.9997	0.2500	15.9843	3.9964
48	4.484E+04	2.230E-05	1.794E+05	5.575E-06	3.9999	0.2500	15.9954	3.9989
54	1.711E+05	5.846E-06	6.842E+05	1.462E-06	4.0000	0.2500	15.9986	3.9997
60	6.525E+05	1.532E-06	2.610E+06	3.831E-07	4.0000	0.2500	15.9996	3.9999
66	2.489E+06	4.017E-07	9.957E+06	1.004E-07	4.0000	0.2500	15.9999	4.0000
72	9.496E+06	1.053E-07	3.798E+07	2.633E-08	4.0000	0.2500	16.0000	4.0000
120	4.258E+11	2.349E-12	1.703E+12	5.871E-13	4.0000	0.2500	16.0000	4.0000
180	2.778E+17	3.599E-18	1.111E+18	8.998E-19	4.0000	0.2500	16.0000	4.0000
360	7.720E+34	1.295E-35	3.088E+35	3.238E-36	4.0000	0.2500	16.0000	4.0000

جدول (١ - ١٢)

(ادارة طلب الطاقه - ٢)

Time Value of Money Factors - Discrete Compounding
i = 30%

	Single Sums		Uniform Series				Gradient Series	
n	To Find F Given P (F|P,i%,n)	To Find P Given F (P|F,i%,n)	To Find F Given A (F|A,i%,n)	To Find A Given F (A|F,i%,n)	To Find P Given A (P|A,i%,n)	To Find A Given P (A|P,i%,n)	To Find P Given G (P|G,i%,n)	To Find A Given G (A|G,i%,n)
1	1.3000	0.7692	1.0000	1.0000	0.7692	1.3000	0.0000	0.0000
2	1.6900	0.5917	2.3000	0.4348	1.3609	0.7348	0.5917	0.4348
3	2.1970	0.4552	3.9900	0.2506	1.8161	0.5506	1.5020	0.8271
4	2.8561	0.3501	6.1870	0.1616	2.1662	0.4616	2.5524	1.1783
5	3.7129	0.2693	9.0431	0.1106	2.4356	0.4106	3.6297	1.4903
6	4.8268	0.2072	12.7560	0.0784	2.6427	0.3784	4.6656	1.7654
7	6.2749	0.1594	17.5828	0.0569	2.8021	0.3569	5.6218	2.0063
8	8.1573	0.1226	23.8577	0.0419	2.9247	0.3419	6.4800	2.2156
9	10.6045	0.0943	32.0150	0.0312	3.0190	0.3312	7.2343	2.3963
10	13.7858	0.0725	42.6195	0.0235	3.0915	0.3235	7.8872	2.5512
11	17.9216	0.0558	56.4053	0.0177	3.1473	0.3177	8.4452	2.6833
12	23.2981	0.0429	74.3270	0.0135	3.1903	0.3135	8.9173	2.7952
13	30.2875	0.0330	97.6250	0.0102	3.2233	0.3102	9.3135	2.8895
14	39.3738	0.0254	127.9125	0.0078	3.2487	0.3078	9.6437	2.9685
15	51.1859	0.0195	167.2863	0.0060	3.2682	0.3060	9.9172	3.0344
16	66.5417	0.0150	218.4722	0.0046	3.2832	0.3046	10.1426	3.0892
17	86.5042	0.0116	285.0139	3.509E-03	3.2948	0.3035	10.3276	3.1345
18	112.4554	0.0089	371.5180	2.692E-03	3.3037	0.3027	10.4788	3.1718
19	146.1920	0.0068	483.9734	2.066E-03	3.3105	0.3021	10.6019	3.2025
20	190.0496	0.0053	630.1655	1.587E-03	3.3158	0.3016	10.7019	3.2275
21	247.0645	0.0040	820.2151	1.219E-03	3.3198	0.3012	10.7828	3.2480
22	321.1839	0.0031	1067.2796	9.370E-04	3.3230	0.3009	10.8482	3.2646
23	417.5391	0.0024	1388.4635	7.202E-04	3.3254	0.3007	10.9009	3.2781
24	542.8008	0.0018	1806.0026	5.537E-04	3.3272	0.3006	10.9433	3.2890
25	705.6410	0.0014	2348.8033	4.257E-04	3.3286	0.3004	10.9773	3.2979
26	917.3333	1.090E-03	3054.4443	3.274E-04	3.3297	0.3003	11.0045	3.3050
27	1192.5333	8.386E-04	3971.7776	2.518E-04	3.3305	0.3003	11.0263	3.3107
28	1550.2933	6.450E-04	5164.3109	1.936E-04	3.3312	0.3002	11.0437	3.3153
29	2015.3813	4.962E-04	6714.6042	1.489E-04	3.3317	0.3001	11.0576	3.3189
30	2619.9956	3.817E-04	8.730E+03	1.145E-04	3.3321	0.3001	11.0687	3.3219
36	12646.2186	7.908E-05	4.215E+04	2.372E-05	3.3331	0.3000	11.1007	3.3305
42	6.104E+04	1.638E-05	2.035E+05	4.915E-06	3.3333	0.3000	11.1086	3.3326
48	2.946E+05	3.394E-06	9.821E+05	1.018E-06	3.3333	0.3000	11.1105	3.3332
54	1.422E+06	7.032E-07	4.740E+06	2.110E-07	3.3333	0.3000	11.1110	3.3333
60	6.864E+06	1.457E-07	2.288E+07	4.370E-08	3.3333	0.3000	11.1111	3.3333
66	3.313E+07	3.018E-08	1.104E+08	9.054E-09	3.3333	0.3000	11.1111	3.3333
72	1.599E+08	6.253E-09	5.331E+08	1.876E-09	3.3333	0.3000	11.1111	3.3333
120	4.712E+13	2.122E-14	1.571E+14	6.367E-15	3.3333	0.3000	11.1111	3.3333
180	3.234E+20	3.092E-21	1.078E+21	9.275E-22	3.3333	0.3000	11.1111	3.3333
360	1.046E+41	9.559E-42	3.487E+41	2.868E-42	3.3333	0.3000	11.1111	3.3333

جدول (١ - ١٢)

(ادارة طلب الطاقه ـ ٢)

Time Value of Money Factors - Discrete Compounding
i = 40%

n	Single Sums		Uniform Series				Gradient Series	
	To Find F Given P (F|P,i%,n)	To Find P Given F (P|F,i%,n)	To Find F Given A (F|A,i%,n)	To Find A Given F (A|F,i%,n)	To Find P Given A (P|A,i%,n)	To Find A Given P (A|P,i%,n)	To Find P Given G (P|G,i%,n)	To Find A Given G (A|G,i%,n)
1	1.4000	0.7143	1.0000	1.0000	0.7143	1.4000	0.0000	0.0000
2	1.9600	0.5102	2.4000	0.4167	1.2245	0.8167	0.5102	0.4167
3	2.7440	0.3644	4.3600	0.2294	1.5889	0.6294	1.2391	0.7798
4	3.8416	0.2603	7.1040	0.1408	1.8492	0.5408	2.0200	1.0923
5	5.3782	0.1859	10.9456	0.0914	2.0352	0.4914	2.7637	1.3580
6	7.5295	0.1328	16.3238	0.0613	2.1680	0.4613	3.4278	1.5811
7	10.5414	0.0949	23.8534	0.0419	2.2628	0.4419	3.9970	1.7664
8	14.7579	0.0678	34.3947	0.0291	2.3306	0.4291	4.4713	1.9185
9	20.6610	0.0484	49.1526	0.0203	2.3790	0.4203	4.8585	2.0422
10	28.9255	0.0346	69.8137	0.0143	2.4136	0.4143	5.1696	2.1419
11	40.4957	0.0247	98.7391	0.0101	2.4383	0.4101	5.4166	2.2215
12	56.6939	0.0176	139.2348	0.0072	2.4559	0.4072	5.6106	2.2845
13	79.3715	0.0126	195.9287	0.0051	2.4685	0.4051	5.7618	2.3341
14	111.1201	0.0090	275.3002	0.0036	2.4775	0.4036	5.8788	2.3729
15	155.5681	0.0064	386.4202	0.0026	2.4839	0.4026	5.9688	2.4030
16	217.7953	0.0046	541.9883	0.0018	2.4885	0.4018	6.0376	2.4262
17	304.9135	0.0033	759.7837	1.316E-03	2.4918	0.4013	6.0901	2.4441
18	426.8789	0.0023	1064.6971	9.392E-04	2.4941	0.4009	6.1299	2.4577
19	597.6304	0.0017	1491.5760	6.704E-04	2.4958	0.4007	6.1601	2.4682
20	836.6826	0.0012	2089.2064	4.787E-04	2.4970	0.4005	6.1828	2.4761
21	1171.3556	0.0009	2925.8889	3.418E-04	2.4979	0.4003	6.1998	2.4821
22	1639.8978	0.0006	4097.2445	2.441E-04	2.4985	0.4002	6.2127	2.4866
23	2295.8569	0.0004	5737.1423	1.743E-04	2.4989	0.4002	6.2222	2.4900
24	3214.1997	0.0003	8032.9993	1.245E-04	2.4992	0.4001	6.2294	2.4925
25	4499.8796	0.0002	11247.1990	8.891E-05	2.4994	0.4001	6.2347	2.4944
26	6299.8314	1.587E-04	15747.0785	6.350E-05	2.4996	0.4001	6.2387	2.4959
27	8819.7640	1.134E-04	22046.9099	4.536E-05	2.4997	0.4000	6.2416	2.4969
28	12347.6696	8.099E-05	30866.6739	3.240E-05	2.4998	0.4000	6.2438	2.4977
29	17286.7374	5.785E-05	43214.3435	2.314E-05	2.4999	0.4000	6.2454	2.4983
30	24201.4324	4.132E-05	6.050E+04	1.653E-05	2.4999	0.4000	6.2466	2.4988
36	##########	5.488E-06	4.556E+05	2.195E-06	2.5000	0.4000	6.2495	2.4998
42	1.372E+06	7.288E-07	3.430E+06	2.915E-07	2.5000	0.4000	6.2499	2.5000
48	1.033E+07	9.680E-08	2.583E+07	3.872E-08	2.5000	0.4000	6.2500	2.5000
54	7.779E+07	1.286E-08	1.945E+08	5.142E-09	2.5000	0.4000	6.2500	2.5000
60	5.857E+08	1.707E-09	1.464E+09	6.829E-10	2.5000	0.4000	6.2500	2.5000
66	4.410E+09	2.268E-10	1.103E+10	9.070E-11	2.5000	0.4000	6.2500	2.5000
72	3.321E+10	3.011E-11	8.302E+10	1.205E-11	2.5000	0.4000	6.2500	2.5000
120	3.431E+17	2.915E-18	8.576E+17	1.166E-18	2.5000	0.4000	6.2500	2.5000
180	2.009E+26	4.977E-27	5.023E+26	1.991E-27	2.5000	0.4000	6.2500	2.5000
360	4.037E+52	2.477E-53	1.009E+53	9.908E-54	2.5000	0.4000	6.2500	2.5000

جدول (١ - ١٤)

Time Value of Money Factors - Discrete Compounding
i = 50%

	Single Sums		Uniform Series				Gradient Series	
n	To Find F Given P (F|P,i%,n)	To Find P Given F (P|F,i%,n)	To Find F Given A (F|A,i%,n)	To Find A Given F (A|F,i%,n)	To Find P Given A (P|A,i%,n)	To Find A Given P (A|P,i%,n)	To Find P Given G (P|G,i%,n)	To Find A Given G (A|G,i%,n)
1	1.5000	0.6667	1.0000	1.0000	0.6667	1.5000	0.0000	0.0000
2	2.2500	0.4444	2.5000	0.4000	1.1111	0.9000	0.4444	0.4000
3	3.3750	0.2963	4.7500	0.2105	1.4074	0.7105	1.0370	0.7368
4	5.0625	0.1975	8.1250	0.1231	1.6049	0.6231	1.6296	1.0154
5	7.5938	0.1317	13.1875	0.0758	1.7366	0.5758	2.1564	1.2417
6	11.3906	0.0878	20.7813	0.0481	1.8244	0.5481	2.5953	1.4226
7	17.0859	0.0585	32.1719	0.0311	1.8829	0.5311	2.9465	1.5648
8	25.6289	0.0390	49.2578	0.0203	1.9220	0.5203	3.2196	1.6752
9	38.4434	0.0260	74.8867	0.0134	1.9480	0.5134	3.4277	1.7596
10	57.6650	0.0173	113.3301	0.0088	1.9653	0.5088	3.5838	1.8235
11	86.4976	0.0116	170.9951	0.0058	1.9769	0.5058	3.6994	1.8713
12	129.7463	0.0077	257.4927	0.0039	1.9846	0.5039	3.7842	1.9068
13	194.6195	0.0051	387.2390	0.0026	1.9897	0.5026	3.8459	1.9329
14	291.9293	0.0034	581.8585	0.0017	1.9931	0.5017	3.8904	1.9519
15	437.8939	0.0023	873.7878	0.0011	1.9954	0.5011	3.9224	1.9657
16	656.8408	0.0015	1311.6817	0.0008	1.9970	0.5008	3.9452	1.9756
17	985.2613	0.0010	1968.5225	5.080E-04	1.9980	0.5005	3.9614	1.9827
18	1477.8919	0.0007	2953.7838	3.385E-04	1.9986	0.5003	3.9729	1.9878
19	2216.8378	0.0005	4431.6756	2.256E-04	1.9991	0.5002	3.9811	1.9914
20	3325.2567	0.0003	6648.5135	1.504E-04	1.9994	0.5002	3.9868	1.9940
21	4987.8851	0.0002	9973.7702	1.003E-04	1.9996	0.5001	3.9908	1.9958
22	7481.8276	0.0001	14961.6553	6.684E-05	1.9997	0.5001	3.9936	1.9971
23	11222.7415	0.0001	22443.4829	4.456E-05	1.9998	0.5000	3.9955	1.9980
24	16834.1122	0.0001	33666.2244	2.970E-05	1.9999	0.5000	3.9969	1.9986
25	25251.1683	0.0000	50500.3366	1.980E-05	1.9999	0.5000	3.9979	1.9990
26	37876.7524	2.640E-05	75751.5049	1.320E-05	1.9999	0.5000	3.9985	1.9993
27	56815.1287	1.760E-05	113628.257	8.801E-06	2.0000	0.5000	3.9990	1.9995
28	85222.6930	1.173E-05	170443.386	5.867E-06	2.0000	0.5000	3.9993	1.9997
29	127834.039	7.823E-06	255666.079	3.911E-06	2.0000	0.5000	3.9995	1.9998
30	191751.059	5.215E-06	3.835E+05	2.608E-06	2.0000	0.5000	3.9997	1.9998
36	2184164.41	4.578E-07	4.368E+06	2.289E-07	2.0000	0.5000	4.0000	2.0000
42	2.488E+07	4.019E-08	4.976E+07	2.010E-08	2.0000	0.5000	4.0000	2.0000
48	2.834E+08	3.529E-09	5.668E+08	1.764E-09	2.0000	0.5000	4.0000	2.0000
54	3.228E+09	3.098E-10	6.456E+09	1.549E-10	2.0000	0.5000	4.0000	2.0000
60	3.677E+10	2.720E-11	7.354E+10	1.360E-11	2.0000	0.5000	4.0000	2.0000
66	4.188E+11	2.388E-12	8.376E+11	1.194E-12	2.0000	0.5000	4.0000	2.0000
72	4.771E+12	2.096E-13	9.541E+12	1.048E-13	2.0000	0.5000	4.0000	2.0000
120	1.352E+21	7.397E-22	2.704E+21	3.698E-22	2.0000	0.5000	4.0000	2.0000
180	4.971E+31	2.012E-32	9.942E+31	1.006E-32	2.0000	0.5000	4.0000	2.0000
360	2.471E+63	4.047E-64	4.942E+63	2.024E-64	2.0000	0.5000	4.0000	2.0000

جدول (١ - ١٥)

Time Value of Money Factors - Discrete Compounding
i = 100%

n	Single Sums		Uniform Series				Gradient Series	
	To Find F Given P (F|P,i%,n)	To Find P Given F (P|F,i%,n)	To Find F Given A (F|A,i%,n)	To Find A Given F (A|F,i%,n)	To Find P Given A (P|A,i%,n)	To Find A Given P (A|P,i%,n)	To Find P Given G (P|G,i%,n)	To Find A Given G (A|G,i%,n)
1	2.0000	0.5000	1.0000	1.0000	0.5000	2.0000	0.0000	0.0000
2	4.0000	0.2500	3.0000	0.3333	0.7500	1.3333	0.2500	0.3333
3	8.0000	0.1250	7.0000	0.1429	0.8750	1.1429	0.5000	0.5714
4	16.0000	0.0625	15.0000	0.0667	0.9375	1.0667	0.6875	0.7333
5	32.0000	0.0313	31.0000	0.0323	0.9688	1.0323	0.8125	0.8387
6	64.0000	0.0156	63.0000	0.0159	0.9844	1.0159	0.8906	0.9048
7	128.0000	0.0078	127.0000	0.0079	0.9922	1.0079	0.9375	0.9449
8	256.0000	0.0039	255.0000	0.0039	0.9961	1.0039	0.9648	0.9686
9	512.0000	0.0020	511.0000	0.0020	0.9980	1.0020	0.9805	0.9824
10	1024.0000	0.0010	1023.0000	0.0010	0.9990	1.0010	0.9893	0.9902
11	2048.0000	0.0005	2047.0000	0.0005	0.9995	1.0005	0.9941	0.9946
12	4096.0000	0.0002	4095.0000	0.0002	0.9998	1.0002	0.9968	0.9971
13	8192.0000	0.0001	8191.0000	0.0001	0.9999	1.0001	0.9983	0.9984
14	16384.0000	0.0001	16383.0000	0.0001	0.9999	1.0001	0.9991	0.9991
15	32768.0000	0.0000	32767.0000	0.0000	1.0000	1.0000	0.9995	0.9995
16	65536.0000	0.0000	65535.0000	0.0000	1.0000	1.0000	0.9997	0.9998
17	131072.000	0.0000	131071.000	7.629E-06	1.0000	1.0000	0.9999	0.9999
18	262144.000	0.0000	262143.000	3.815E-06	1.0000	1.0000	0.9999	0.9999
19	524288.000	0.0000	524287.000	1.907E-06	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
20	1048576.00	0.0000	1048575.00	9.537E-07	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
21	2097152.00	0.0000	2097151.00	4.768E-07	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
22	4194304.00	0.0000	4194303.00	2.384E-07	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
23	8388608.00	0.0000	8388607.00	1.192E-07	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
24	16777216.0	0.0000	16777215.0	5.960E-08	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
25	33554432.0	0.0000	33554431.0	2.980E-08	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
26	67108864.0	1.490E-08	67108863.0	1.490E-08	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
27	134217728	7.451E-09	134217727	7.451E-09	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
28	268435456	3.725E-09	268435455	3.725E-09	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
29	536870912	1.863E-09	536870911	1.863E-09	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
30	1.07E+09	9.313E-10	1.074E+09	9.313E-10	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
36	68.7E+9	1.455E-11	6.872E+10	1.455E-11	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
42	4.398E+12	2.274E-13	4.398E+12	2.274E-13	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
48	2.815E+14	3.553E-15	2.815E+14	3.553E-15	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
54	1.801E+16	5.551E-17	1.801E+16	5.551E-17	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
60	1.153E+18	8.674E-19	1.153E+18	8.674E-19	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
66	7.379E+19	1.355E-20	7.379E+19	1.355E-20	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
72	4.722E+21	2.118E-22	4.722E+21	2.118E-22	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
120	1.329E+36	7.523E-37	1.329E+36	7.523E-37	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
180	1.532E+54	6.525E-55	1.532E+54	6.525E-55	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
360	2.349E+108	4.258E-109	2.349E+108	4.258E-109	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000

جدول (١ - ١٦)

(ادارة طلب الطاقه . ٢)

الباب الثانى
مؤشرات استهلاك الطاقه فى المنشآت الصناعية والتجارية

توجد مؤشرات أو معايير لاستهلاك الطاقة *(Energy consumption Norms or Indices)* تستخدم فقط لاعطاء مؤشر لكيفية عمل نظم استهلاك الطاقه، وحيث أنه لا يوجد نظامين يعملان بنفس الطريقة والكفاءة فان التغير فى استهلاك الطاقه يكون حتميا.

عادة لا يكون تشغيل المصانع أو الماكينات أو المعدات بنفس السلوك، وبالتالى تتأثر الطاقة المستخدمة.

فى الصناعة يستخدم الاستهلاك النوعى للطاقه *(Specific energy consumption) SEC* كمؤشر لاستهلاك الطاقه، ويعرف بأنه كمية الطاقه المستهلكه فى انتاج وحدة المنتج فمثلا فى صناعة الغزل يعبر عنه بوحدات كيلووات ساعة / كيلو جرام من الغزل المنتج.

فى المنشآت التجارية مثل المكاتب والمدارس والمستشفيات والمبانى الحكومية.. تستخدم مؤشرات مختلفة، أكثر هذه المؤشرات شيوعا معيار استهلاك الطاقه لكل قدم مربع أو متر مربع لمسطح مكيف ويسمى هذا المؤشر بمؤشر الانتفاع بالطاقه *(Energy Utilization Index)* ويرمز له بالرموز *(EUI)*. أحيانا فى المستشفيات يستخدم المعيار على صورة استهلاك الطاقة لكل مريض بينما فى الفنادق يستخدم المعيار على صوره استهلاك الطاقة لكل زائر.

عموما فى أى من هذه الحالات تجرى مقارنة هذه المؤشرات بالقيم النموذجية والمحسوبه عند التصميم أو بنظائرها فى الشركات والمنشآت المماثلة.

يمكن استخدام المعيار للمصنع أو لماكينه واحدة. فى حالة استخدمه للمصنع يعبر عنه بالاستهلاك النوعى للطاقة ويسمى بالمعيار واسع النطاق *(Macro level norms)* وفى حالة استخدامه لماكينه فيسمى بالمعيار صغير النطاق *(Micro level norms)* مثلا يقاس معيار المجفف *(dryer)* بالرطوبة المتبخرة لكل وحدة طاقة مستهلكة. كبديل يمكن استخدام مؤشر الاستهلاك النوعى للطاقة مثل كيلو جرام من البخار المستهلك / كيلو جرام من الرطوبة المتبخرة لقياس معيار المجفف.

لاجراء حسابات الطاقة يتم التسجيل المنتظم شهريا لفواتير استهلاك الطاقة ومعدلات الانتاج وكلما كانت البيانات المجمعه أكثر تفصيلا كلما كان ذلك أفضل فى اتخاذ الاجراءات والقرارات المناسبة.

ولمتابعه مؤشرات الطاقة لمنشأة أو شركة تتبع الخطوات التالية :

١ – تصنيف أنواع الطاقه.
٢ – تجميع بيانات استهلاكات الطاقه
٣ – تصنيف أنواع المنتج.
٤ – تجميع البيانات الخاصة بالانتاج.
٥ – معايره كل من بيانات استهلاك الطاقة ومعدلات الانتاج.
٦ – تحليل وتسجيل البيانات التى تم تجميعها، على صورة :
– منحنيات تتغير مع الزمن.
– استهلاكات الطاقة مع الانتاج.
– الاستهلاك النوعى للطاقه.
٧ – تحديد العناصر المرتبطة ارتباطا مباشرا بالعمليات الانتاجية.
٨ – تحديد العناصر غير المرتبطة مباشرة بالانتاج.
٩ – تحديد عناصر التشغيل.
١٠ – وضع مواصفات قياسية لاستهلاكات الطاقه.
١١ – وضع برنامج لمتابعه جمع وتحليل وتسجيل البيانات.
١٢ – تقييم الاداء والاستهلاكات.
١٣ – اختيار الاجراءات المناسبة للتطوير والتحسين.

إذا أمكن اتباع الخطوات السابقة فانه يمكن تطوير وتحسين كفاءة الاداء فى المنشآت الصناعية والتجارية باتباع ما يلى :

١ – العمل الدائم والمستمر للوصول بقيم معينة لمؤشرات الطاقة، ثم اعادة تقييم المواصفات (بند رقم ١٠) واعادة وضع القيم التى يجب السعى لتحقيقها.
٢ – الاستمرار فى المتابعة والتقييم.

أمثلة لبعض مؤشرات الطاقة :

١ - عامل حمل المصنع *Plant Load Factor*

يعرف عامل الحمل الكهربى *(Electrical load Factor)* من المعادلة التالية :

$$ELF = \frac{KWH\ consumption\ in\ billing\ period * 100}{(KW\ demand\ in\ billing\ period) * (hours\ in\ billing\ Period)}$$

مثلا عامل الحمل الكهربى السنوى يساوى

$$= \frac{\text{(استهلام الطاقه } (KWH) \text{ خلال عام)} \times (١٠٠)}{\text{(اقصى طلب } (KW) \text{ خلال عام)} \times (٨٧٦٠ \text{ ساعة)}}$$

فى حالة تشغيل وردية واحدة، فان عامل الحمل النموذجى يتراوح من ٢٥٪ إلى ٤٠٪ بينما فى حالة التشغيل ثلاثة ورادى، فانه يكون من ٥٠٪ إلى ٧٥٪.

يشير عامل الحمل إلى مدى تقارب سعة *(Capacity)* التشغيل إلى سعة المحطة، ويستخدم عامل الحمل لتحديد إمكانية تقليل أقصى طلب *(Peak demand)* مثلا يمكن زيادة معاملات الحمل المنخفضة باعادة جدولة الاحمال المسببه لاقصى طلب ونقل عملها إلى فترات طلب القدرة المنخفضة. هذا يؤدى إلى تقليل الذورة الكلية والتى يقابلها وفر تكلفة.

يمكن فى حالة استخدام وقود، إيجاد عامل حمل الوقود تبعا للمعادلة التالية :

$$FLF = \frac{Energy\ consumption\ in\ billing\ period * 100}{Hourly\ \ Fuel\ rating\ of\ major\ user * hours\ in\ billing\ Period}$$

مثلا عامل حمل الوقود السنوى يساوى :

$$= \frac{\text{(الطاقة المستهلكه خلال عام)} \times (١٠٠)}{\text{(مقنن الوقود خلال ساعة اللازم لأكبر استخدام)} \times (٨٧٦٠ \text{ ساعة)}}$$

مع مراعاة الوحدات المستخدمة.

يكون عامل حمل الوقود، فى حالة تشغيل وردية واحدة، أكبر من ٤٠٪ بينما فى حالة تشغيل ثلاثة ورادى فانه يتروح من ٦٠٪ إلى ٧٠٪.

٢ - الاستهلاك النوعى للطاقة *(Specific Energy Consumption) SEC*

أو شدة الطاقة *(Energy Intensity) EI*

هى الطاقة المستهلكة لكل وحدة منتج.

وتحسب تبعا للمعادلة التالية :

$$SEC = \frac{Energy\ consumption\ in\ given\ time\ period}{Production\ in\ same\ time\ period}$$

٣ - مؤشر الانتفاع بالطاقه *(Energy Utilization Index) EUI*

هى الطاقة المستهلكة سنويا *(Btu's)* لكل قدم مربع لمسطح مكيف، وتحسب تبعا

للعلاقة الآتية :

$$EUI = \frac{Total\ annual\ Btu\ Consumed}{Total\ number\ of\ square\ feet\ of\ conditioned\ space}$$

٤ - مؤشر تكلفة الطاقة *(Energy Cost Index) ECI*

هى تكلفة الطاقة السنوية (دولار) لكل قدم مربع لمسطح مكيف وتحسب تبعا للعلاقة الآتية:

$$ECI = \frac{Total\ annual\ energy\ cost}{Total\ number\ of\ square\ feet\ of\ conditioned\ space}$$

٥ - مؤشر استهلاك الطاقه لكل درجة حرارة يوم *Btu / degree day*

تفيد بيانات درجة اليوم *(degree - day)* لتحليل احتياجات الطاقه المطلوبة للتكييف (تبريد / تسخين) عادة تفرض درجة الحرارة داخل المبانى ٦٥ °F وتستخدم كمرجع يوجد مؤشرين أحدهما للتسخين ويعرف بدرجه حرارة التسخين *(Heating degree days) HDD* والآخر للتبريد ويعرف بدرجه حرارة التبريد *(Cooling degree days) CDD* مثلا إذا كان متوسط درجة الحرارة خارج مبنى لمدة ثلاثة أيام ٥٠ °F (لكل يوم) فان

$$HDD = (65° - 50°) * 3 = 45\ degree\ days$$

عموما يستخدم هذا المؤشر عندما يكون استهلاك التكييف هو الغالب.

يوضح جدول (٢ – ١) مميزات وعيوب كل من المؤشرات التاليه :

* مؤشر الاستهلاك النوعى للطاقة.
* مؤشر الانتفاع بالطاقة.
* مؤشر استهلاك الطاقة / درجة حرارة اليوم.

لاختبار مؤشر الطاقة فمن الضرورى أولا الاختيار المناسب لمؤشر الطاقة. ويتم ذلك بمراقبة وتسجيل كل من استهلاكات الطاقه ومؤشر الطاقه المختار وذلك خلال فترة زمنية محددة، ثم يتم تحديد مدى دقه وفاعليه المؤشر. إذا لم يبرهن المؤشر على دلالات منطقيه فانه يتم اختيار مؤشر بديل وإعادة الحسابات. مع مراعاة أن تكون البيانات المجمعه ذات دقة مقبولة.

عند انتهاء الاختبارات وحساب كفاءة واتزان الطاقه يمكن استخدام الكفاءة كمؤشر، التعريفات المذكورة سابقا لمؤشرات الطاقة هى تعريفات مبسطة لإمكانية الحساب والفهم، ولكن يوجد بعض القصور المصاحب للحسابات يمكن أن يؤدى إلى نتائج خطيرة. حيث توجد

بعض العوامل التى من الصعب الحصول عليها بدقة مثل عدد ساعات التشغيل الفعلية أو عدد ساعات التوقف أو التحكم فى تشغيل المصنع أثناء تغير العوامل الجويه المحيطة مثلا... بعد حساب مؤشرات الطاقة لمصنع أو منشآة تجارية يتم مقارنه هذه المؤشرات بالمؤشرات النموذجية المنشورة فى المراجع العلمية المهتمة بكفاءة الطاقة واستخداماتها عندئذ يجب التعامل مع تحويلات وحدات الطاقة وذلك لتسهيل عملية المقارنه. توضح الجداول (٢ -٢)، (٢ - ٣) (أ، ب) وحدات الطاقة وأهم التحويلات المستخدمة.

جدول (٢ - ١) مميزات وعيوب بعض مؤشرات الطاقه

مؤشر الطاقه	المميزات	العيوب
١ - استهلاك الطاقه / وحدة منتج $SEC = \frac{Btu}{unit\ of\ production}$	١ - مختصر ودقيق. ٢ - مؤشر ذو دقه عالية غالبا خاصة عند الاحتياج إلى طاقه كبيرة للعمليات.	١ - يصعب تحديد وقياس الوحدات. ٢ - مؤشر غير دقيق خاصة فى حالة استخدام نظم تكييف وتبريد واضاءة حيث تكون العلاقة بين الطاقة والمنتج غير خطية *(Nonlinear)*.
٢ -مؤشر الانتفاع بالطاقه $EUI = \frac{Btu}{Ft^2}$	١ - مختصر ودقيق. ٢- مؤشر ذو دقة عالية عندما تكون احتياجات العمليات منخفضة وثابتة بالاضافة إلى أن حالة الجو تكون منسجمة. ٣ - منسجم جدا. ٤ - يمكن دمج التوسعات مباشرة.	١ -لا يقيس الانتاج أو حالة الجو. ٢ - عادة لا تتناسب الطاقة خطيا مع مساحة السطح.
٣- مؤشر استهلاك الطاقة / درجة حرارة اليوم *Btu/ degree day*	١ - مختصر ودقيق والافضل عندما تكون نظم التكييف والتبريد هى الاستهلاك الاكبر فى فاتورة الكهرباء. ٢ - غالبا ذو دقة عالية عندما تكون احتياجات العمليات منخفضة أو ثابته ٣ - منسجم جدا بين المصانع والشركات	١ - غالبا غير دقيق حيث أنه لا يقيس الانتاج. ٢ - المبانى ذات الحرارة العالية عادة لا تستجيب لدرجات حرارة الجو.

(ادارة طلب الطاقه - ٢)

جدول (٢ - ٢)
وحدات الطاقه وأهم التحويلات المستخدمة

جيجا جول 10^9 Joule	ميجاوات ساعة MWH	جيجا كالورى * 10^9 Calorie	مليون وحدة حرارة بريطانية** 10^6 Btu	طن بترول مكافئ toe
41.87	11.63	10	39.69	1
1.05	0.29	0.25	1	0.025
4.19	1.16	1	3.97	0.1
3.6	1	0.86	3.412	0.086
1	0.28	0.24	0.95	0.024

* وحدة كمية الحرارة فى النظام المترى.

** وحدة الحرارة البريطانية.

جدول (٢ - ٣أ) تحويلات الطاقه

1 KWH	3412 Btu
1 Ft^3 natural gas	1000 Btu
1 Ccf natural gas	100 Ft^3 natural gas
1 Mcf natural gas	1000 Ft^3 natural gas
1 thermal natural gas	100000 Btu
1 barrel crude oil	5100000 Btu
1 ton coal	25000000 Btu
1 gallon gasoline	125000 Btu
1 gallon # 2 Oil	140000 Btu
1 gallon LP gas	95000 Btu
1 Cord of wood	30000000 Btu
1 M Btu	1000 Btu
1 MM Btu	10^6 Btu
1 Quad	10^{15} Btu
1 MW	10^6 Watts

جدول (٢ - ٢ ب) تحويلات الطاقه

طن زيت خام	= ٠,٩٩٥ طن بترول مكافئ
طن غاز طبيعى	= ١,١١١ طن بترول مكافئ
طن بوتاجاز	= ١,١٢٥ طن بترول مكافئ
طن مازوت	= ٠,٩٧٢ طن بترول مكافئ
طن كيروسين	= ١,٠٨٦ طن بترول مكافئ
طن بنزين	= ١,١٠٣ طن بترول مكافئ
طن سولار	= ١,٠٦٦ طن بترول مكافئ
طن بترول	= ٧,٣ برميل بترول
طن فحم	= ٠,٦٧ طن بترول مكافئ
ك. و. س (مائى)	≅٢٢١ جرام بترول مكافئ (من احصائيات ١٩٩٥/ ١٩٩٦ بمصر)
ك. و. س (مائى)	≅ ٢٢٥ جرام بترول مكافئ(من احصائيات ١٩٩٤/ ١٩٩٥ بمصر)
برميل مكافئ غاز طبيعى	= ٥٠٠٠ قدم مكعب غاز طبيعى
طن غاز طبيعى	= ١٢٧٢ متر مكعب(من أحصائيات ١٩٩٥/ ١٩٩٦ بمصر)

القيم النموذجية لمؤشرات استهلاك الطاقه :

١ – القيم النموذجية لمؤشرات الانتفاع بالطاقه *(EUI)* :

The average building EUI $= 80900\ Btu / Ft^2 / yr$

The average Office building EUI $= 101200\ Btu / Ft^2 / yr$

ويوضح شكل(٢ – ١) القيم النموذجية لمؤشرات الانتفاع بالطاقه لعدد ١٢ نشاط تجارى مختلف (المرجع رقم *(1)*).

٢ – القيم النموذجية لمؤشرات تكلفه الطاقه *(ECI)* :

The average building ECI $= \$ 1.06 / Ft^2 / yr$

The average office building ECI $= \$ 1.47 / Ft^2 / yr$

(المرجع رقم *(1)*).

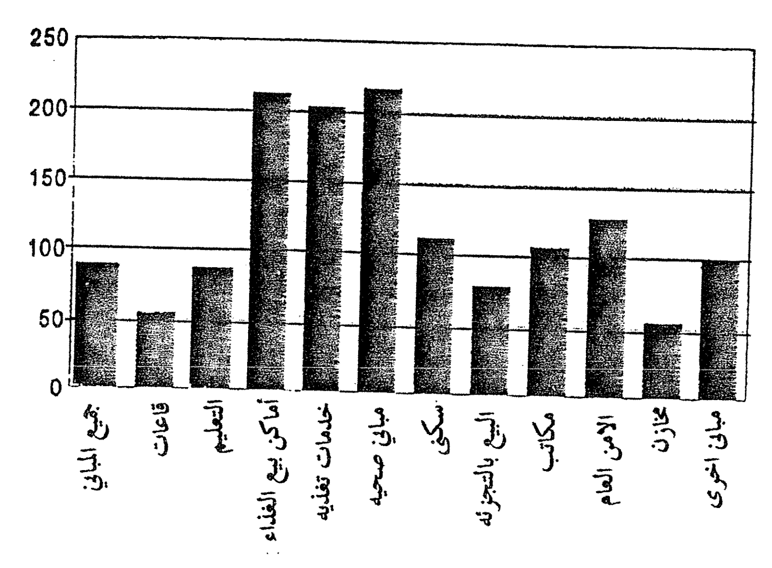
٣ – القيم النموذجية للاستهلاك النوعى للطاقه *(SEC)* :

توضح الجداول أرقام من(٢ – ٥) إلى (٢ – ١٧)مؤشرات نموذجية للاستهلاك النوعى للطاقة *(SEC)* هذه المؤشرات هى أفضل المؤشرات المنشورة حتى عام ١٩٨٤ وذلك للصناعات الآتية:

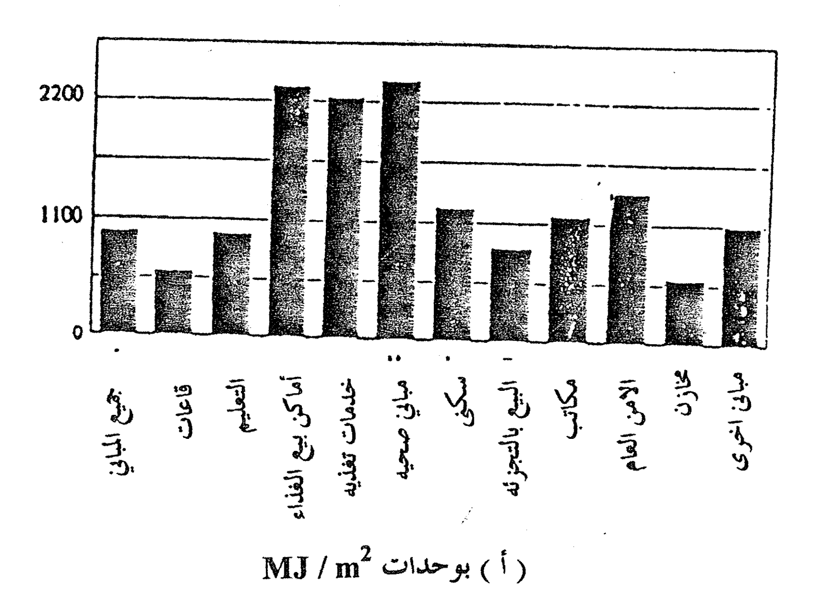
١ – صناعة المنسوجات
٢ – صناعة الزجاج
٣ –صناعة الاسمدة
٤ – سباكه الالومنيوم
٥ – صناعة الورق
٦ – صناعة الخزف
٧ – صناعة الاسمنت
٨ – انتاج قمائن من الطوب الحرارى الخاص
٩ –صناعة المسبوكات
١٠ – صناعة الاغذية
١١ – صناعة الطوب
١٢ – صناعة فحم الكوك
١٣ – صناعة الرصاص والزنك

كذلك يوضح جدول (٢ – ١٨) الاستهلاك النوعى للطاقة *(SEC)* بقطاع الصناعة خلال السنوات ١٩٨٢ – ١٩٨٤.

بينما يوضح جدول (٢ – ١٩) الاستهلاك النوعى للطاقه لبعض الصناعات على المستوى العالمى والمحلى



(أ) بوحدات 1000 Btu / Ft ^{2}/ yr



(أ) بوحدات MJ / m^2

شكل (٢ - ١) القيم النموذجيه لمؤشرات الانتفاع بالطاقه لبعض الانشطه التجاريه

(ادارة طلب الطاقه - ٢)

مؤشرات نموذجية لاستهلاكات الطاقة فى قطاع الصناعات

Typical Energy Norms and Indices for Industrial Sectors

جدول (٢ - ٤) صناعة المنسوجات *(Textile Industry)*

النوع	الاستهلاك النوعى للطاقه *GJ / tonne (SEC)*
الغزل الصوفى والمنسوجات الصوفيه *Woolen and Worsted average*	٩٥
مغازل الصوف *Worsted Spinning mills*	٥٠
مغازل تمشيط الصوف *Wool combing mills*	٣٤
نسيج الصوف وتشطيبه *Weaving and finishing*	١٢٠
مصانع الصوف *Woolen mills*	١٦٨
مغازل خيوط السجاد *Carpet yarn spinning*	١٤
غزل القطن *Cotton spinning*	٢٠
غزل وتشطيب القطن *Cotton spinning and finishing*	٥٨
نسيج القطن *Cotton weaving*	٣٠
المنسوجات القطنية *Cotton weaving and finishing*	٣٩
منسوجات الخيوط الصناعية *Industrial fabrics weaving*	٢٧

مع مراعاة الظروف الآتية :

* مستويات الرطوبة فى الهواء الساخن للمجففات *0.04 - 0.1 kg water / kg air*
* أفضل مستوى رطوبه *0.1 kg water / kg air*
* التبخير النوعى للمجففات الاسطوانية *10 - 15 kg / hour / m^2 fabric*

جدول (٢ - ٥) صناعة الزجاج (Glass Industry)

النوع	الاستهلاك النوعى للطاقه GJ / tonne (SEC)
صهر الزجاج وصناعة الواح الزجاج المقوى *Glass melting and annealing flat glass*	١٠,٣٩
صهر الزجاج وصناعة الاوعية الزجاجية *Glass melting and containers*	١٣,٢٥
صهر الزجاج وصناعة الالياف الزجاجية العازله *Glass melting and insulation glass fiber*	١٤,٦
صهر الزجاج وصناعة الالياف الزجاجية المقواه *Glass melting and reinforcement glass fiber*	١٥,٠
صهر الزجاج وصناعة بلور رصاصى *Glass melting and lead crystal*	٥٩,٥
صهر الزجاج وصناعة الأوانى الزجاجية *Glass melting and domestic and scientific glassware*	١٥,٧
صهر الزجاج وصناعة الانابيب الزجاجية *Glass melting and glass tubing*	١٢,٢

جدول (٢ - ٦) صناعة الاسمدة (Fertilizer Industry)

الاستهلاك النوعى للطاقه GJ / tonne (SEC)	النوع	
٤١,٠	الطاقه الكلية اللازمة Gross energy requirement	الازوتيه Ammonia
١٤,٥	طاقة التسخين Heat supplied	
٢٠,٨١	الطاقه الكلية اللازمة	نترات الامونيوم Ammonium Nitrate
١,١	طاقة التسخين	
٣١,٧١	الطاقة الكلية اللازمة	اليوريا Urea
٢٩,٣	عمليه أعادة النزع Stripping process recycle	
 ٠,٩ ١,٧	الطاقة الكلية اللازمة : * السوبر فوسفات الاحادى. * السوبر فوسفات الثلاثى.	السوبر فوسفات Super Phasphates
٥,٠	الطاقة الكلية اللازمة :	بوتاس Potash
 ٦,٩٤ ١١,٩٢	الطاقة الكلية اللازمة : 11: 50: O MP (mono- ammonium phosphate) 17: 17: 17 MAP	الاسمدة المركبة Compound fertilizers
 ١٠,٥٨ ١١,٨٦	تشغيل ضغط احادى * ضغط متوسط * ضغط عالى	حامض النتريك أو الازوتيك Nitric Acid
 ١١,١ ١١,٩٨	تشغيل ضغط منقسم * ضغط جوى / ضغط متوسط * ضغط متوسط / ضغط عالى	
٣,٢ –	من العناصر الكبريتية	حامض كبريتى Sulfuric Acid
  ٥,٠٧ ٠,٩٩ ١,٠٣	الطاقة اللازمة للعمليات (50% حامض فوسفات بعمليات رطبه) * عملية (Dihydrate) DH * عملية (Hemihydrate) HH * عملية (Hemihydrale dihydrate) HDH	حامض الفوسفات Phosphoric Acid
 – ١,٤٥ – ٦,٧٦ – ٦,٠٥	الطاقة الكلية اللازمة * عملية DH * عملية HH * عملية HDH	

(ادارة طلب الطاقه ـ ٢)

جدول (٢ - ٧) سباكه الالومنيوم *(Aluminum Casting)*

النوع	الاستهلاك النوعى للطاقه *GJ / tonne (SEC)*
انتاج المادة الأولية *Primary metal via Hall- Herout*	١٩٩
المادة الثانوية بالاضافة إلى المفقودات *Secondary metal*	١٥,٨ جيجا جول / طن + (٦٥,٨/٥٠) جيجا جول / طن معدن مفقود
خوص الالومنيوم (بالاضافة إلى المفقودات) (شرائط) *Aluminum Strip*	٥١,٥
تشكيل الالومنيوم بالبثق (بالاضافة إلى المفقودات) *Aluminum extrusion*	٤١,٥
رقائق الالومنيوم *Aluminum Foil*	
الصب الضغطى فى قوالب من المادة الصلبه (بالاضافة إلى المفقودات) *Pressure die castings from solid metal*	١٩,٦ ٥٠
الصب الضغطى فى قوالب، من المادة السائلة (بالاضافة إلى المفقودات) *Pressure die casting from liquid metal*	٣٧
الصب بالجاذبية فى قوالب (بالاضافة إلى المفقودات) *Gravity die castings*	-

جدول (٢ -٨) صناعة الورق (Paper Industry)

الاستهلاك النوعى للطاقه GJ / tonne (SEC)	النوع
٣٠	Paper and board making الكرتون والورق المعدنى
٤,٥	Newspaper ورق الصحف والجرائد
٨,٢	Magazines ورق المجلات

جدول (٢ - ٩) صناعة الخزف (Pottery Industry)

الاستهلاك النوعى للطاقه GJ / tonne (SEC)	النوع
٢٤٩	Bone China الصينى الفاخر
٤٧,١	Vitreous sanitaryware الأدوات الصحية الزجاجية
٨٤,٤	Electrical Porcelain المعدات الكهربائية الخزفية
١٦,٨	Glazed wall tiles البلاط المطلى (القيشانى / السيراميك) للحوائط
١٠,٧	Unglazed Floor tiles بلاط الارضية غير المطلى
٥١,١	Vitor feed Hotelware منتجات زجاجية للفنادق

جدول (٢ - ١٠) صناعة الاسمنت (Cement)

الاستهلاك النوعى للطاقه GJ / tonne (SEC)	النوع
٦,١	Cement kiln wet process قمائن اسمنت بالطريقه الرطبه
٣,٣	Cement kiln dry process قمائن اسمنت بالطريقه الجافه

جدول (٢ - ١١) انتاج القمائن من الطوب الحرارى الخاص

النوع	الاستهلاك النوعى للطاقه *GJ / tonne (SEC)*
الخاصة بصناعة الخزف *Fire clay shapes and saggers for pottery industry*	١٦,١ - ٢١,٢
الخاصة بصناعة الصلب *Fire clay shap [illegible]or steel industry*	١٩,٣

جدول (٢ - ١٢) صناعة المسبوكات الحديدية *(Iron casting industry)*

النوع	الاستهلاك النوعى للطاقه *GJ / tonne (SEC)*
فى حدود فى المتوسط	١٤ - ٦٠ ٤٤
افران الصهر *Melting Furnaces* * قبه الفرن *Cupola*	٤,٨ - ٦,٩ جيجا جول / طن منصهر
* فرن دوار، حرق الزيت *Rotary Furnace, Oil - fired*	٦,٢ - ١٠,٣ جيجا جول /طن منصهر
* فرن دوار، حرق الغاز *Rotary Furnace, gas - Fired*	٦,٦ - ١١ جيجا جول / طن منصهر
* فرن كهربائى *Electric*	١٠,٣ جيجا جول / طن منصهر

جدول (٢ - ١٣) صناعة الاغذية *(Food industry)*

صناعة الالبان *Dairy industry*

النوع		الاستهلاك النوعى للطاقه (SEC)	
		MJ / Litre	*MJ/ gallon*
بسترة اللبن	*Pasteurized milk*	١,١	٤,٠
تعقيم اللبن	*Sterilized milk*	٣,٤	١٣,٠
تصنيع الجبن	*cheese making*	٣,٨	١٤,٥

صناعة البيره *Beer*

النوع	الاستهلاك النوعى للطاقه *GJ / tonne (SEC)*
البيره المخمره *Beer Brewing*	٢,٩٨
* باستخدام الوقود	٢,٦٣
* باستخدام الكهرباء	٠,٣٥

الملت (شعير منبت بالنقع فى المياه *(Malting)*

النوع	الاستهلاك النوعى للطاقه *GJ / tonne (SEC)*
تجفيف الشعير *Barley drying*	٠,٣٣٧
باستخدام القمائن / الغمس *kilning, Steeping*	٣,٩٠
باستخدام الكهرباء	٠,٥٤١

جدول (٢ - ١٤) صناعة الطوب (Brick Making)

الاستهلاك النوعى للطاقه GJ / tonne (SEC)	النوع
٢,٢	الطوب العادى National average (Conventional)
١,٢	Fletter Brick
	Non - Fletton
٣,٦	* Average
١,٨	* Commons
٣,٦	* Facing and engineering
١,٥	طوب واجهات القمائن الحلقيه Fletton Facing bricks in annular kiln
١,٤	الطوب الشائع للقمائن الحلقيه Fletton common bricks in annular kiln
٤,٦	طوب واجهات قمائن خندقيه Non - Fletton facing bricks in tunnel kiln
٥,٩	طوب واجهات القمائن الحلقيه Non - Fletton Facing bricks in annular kiln

جدول (٢ - ١٥) طوب مقاوم للحرارة (Bulk Refractories)

الاستهلاك النوعى للطاقه GJ / tonne (SEC)	النوع
٠,٨ - ١,٦	طفال حرارى غير محترق Unfired fire clay
٣,٦	Unfired - high aluminum
٣١,٠	Unfired Basic cement

(ادارة طلب الطاقه - ٢)

جدول (٢ - ١٦) صناعة فحم الكوك *(Coke Making)*

النوع	الاستهلاك النوعى للطاقه GJ / tonne (JEC)
فحم الكوك Coke	٢,٨ – ٢,٢

جدول (٢ - ١٧) صناعة الرصاص والزنك *(Zink and lead industries)*

النوع		الاستهلاك النوعى للطاقه (SEC) GJ / tonne
استخلاص أولى للزنك	*Primary extraction zinc*	٥٠
استخلاص اولى للرصاص	*Primary extraction lead*	١٥
عمليات الزنك		
اسلاك وخوص مجلفنه	*Galvanized strip and wire*	٣٧
اشكال مجلفنه	*Galvanized shape*	٥٩
قالب صب	*Die Cast*	٢٦
سطح مدلفن	*Flat rolled*	٥
عمليات الرصاص		
سبيكة منقاة	*Bullion refining*	٢
استخلاص ثانوى	*Secondary recovery*	١٤
تنقيه ثانوية	*Secondary refining*	٢
كابلات – مواسير – الواح	*Cable - pipe - sheet*	٣
شبكة بطارية	*Battery grid*	٣
ربع ايثيل الرصاص	*Lead letraethyl*	٢

جدول (٢ - ١٨) الاستهلاك النوعى للطاقة فى قطاع الصناعة

نوع الصناعة	الوحدة	١٩٨٢				١٩٨٣				١٩٨٤			
		الأول	الثانى	الثالث	الرابع	الأول	الثانى	الثالث	الرابع	الأول	الثانى	الثالث	الرابع
١ - البترول													
- التكرير	BOE/ bbi١...			٤٢,٨٢	٤٥,٦٨	٤٢,٥٠	٤٤,٨٧	٤١,٨٣	٤٢,٢٠				
- الاستكشاف				٣٣,١٨	٢٧,٩٤	٢٦,٠٧	٣٠,٨٩	٢٩,١٢	٢٨,٤٣				
٢ - الصلب / المعادن	BOE/Mt												
أ - الحديد والصلب				٠,٩٦	٠,٩١	٠,٨٨	٠,٧٩	٠,٧١	٠,٧٤				
ب - معادن مصنعه				٢,٥٧	٣,٢٩	٣,٦٦	٣,٦١	٥,٨٨	٥,١٥				
جـ - مواد غير حديدية				٥,٥٧	٤,٩٢	٥,٦٣	٦,٧٠	٧,٨٣	٧,٦٩				
د - خامة متلبده				٠,٢٥	٠,٣٢	٠,٢١	٠,٢٠	٠,٢٢	٠,٢٥				
٣ -الورق ولب الورق	BOE/Mt			١٠,٧٩	١١,٠٣	٨,٢٩	٨,٦٦	٨,١٧	٧,٨١	٦,٩٥	٦,٨٨	٨,٨٣	٧,٣٤
٤ -الاطارات / المطاط	BOE/Mt			٤,٣١	٤,٢٣	٣,٩٦	٣,٧٥	٣,٣١	٣,٧٤				
٥ - الاسمنت	BOE/Mt			١,١٥	١,٠٩	١,٠٦	١,١٥	١,١٤	١,٠٧	٠,٩٩	١,٠٦	١,١٠٥	١,٠٣٢
٦ - زيوت نباتيه / جوز الهند	BOE/Mt			٠,٥٣	٠,٥١	٠,٤٢	٠,٤٩	٠,٥٥	٠,٦١	٠,٥٠	٠,٥٧	٠,٦٢٣	٠,٥٨٣
٧ - تعدين (استخراج الخامات)	BOE/Mt			٢,٢٦	٢,٧٩	١,٢١	٢,٥٨	٣,٨٨	٢,٢٢				
٨ - الزجاج	BOE/Mt			٢,٩٤	٢,٤٣	٢,٤٣	٢,٤٨	٢,٣٣	٢,٠٨	٢,٠٧	١,٨٦	٢,٠٠	
٩ - الاسمدة	BOE/Mt			٢,٣١	١,١٨	١,٢١	١,٣٧	١,٥٤	١,٢٦	١,٩٦	١,٤٦	١,٢٣	
١٠ - السيراميك (الخزف)	BOE/Mt			٣,٥٦	٢,٧٦	٢,٥٠	٣,٣١	٢,٥٥	٢,٩٦	٣,٤٣	٣,٦٥	٣,١٣	
١١ - السكر	BOE/Mt			٣,١٨	٣,٦١	٣,٤٣	٣,٠٧	٣,٧٨	٤,٣٧	٣,٧١	٤,٢٤	-	٤,٣١
١٢ -الاخشاب	BOE/Mt^3			١,٤٧	١,٦٩	١,٦٦	١,٧٢	١,٦٨	٢,٧٣	٠,٤٩	٠,٥٨		
١٣ - توليد القدرة	BOE/MWH			١,٧٩	١,٧٦	١,٩٧	١,٩٩	١,٧٨	١,٩٧	١,٦٣	١,٦٣		

(ادارة طلب الطاقه - ٢)

جدول (٢ - ١٩) الاستهلاك النوعى للطاقة عالميا ومحليا لبعض أنواع الصناعات

الصناعة	SEC (عالميا) كجم وقود مكافئ / طن	SEC (محليا) كجم وقود مكافئ / طن	عائد تطبيق فرص الترشيد	
			كجم وقود مكافئ / طن	٪
الحديد والصلب	٥٧٠	٩٥٠	٣٨٠	٤٠
الأسمنت	١٣٣ (جاف)	٢٠٠ (رطب)	٦٧	٣٣,٥
البلاستيك	٣١٠	٣٥٠	٤٠	١١,٤
الاطارات	٥٤٣	١٠٠٠	٤٥٧	٤٥,٧
الاسمدة الازوتيه	١١٨٦	١٦٥٤	٤٦٨	٢٨,٣
الورق	٥٩٧	١٠٠٠	٤٠٣	٤٠,٣
الزجاج	٤٠٠	٦٢٠	٢٢٠	٣٥,٤
السكر	٩٥	١٥٢	٥٧	٣٧,٥
الحراريات	١٥٦	٣٥٣	١٩٧	٥٦
الالومنيوم (من الخام)	٤٧٥٣	٤٦٤٠	١١٣ -	٢,٤ -
المخبوزات	٥٢٣	١١٠٠	٥٧٧	٥٢,٥
الاغذية المحفوظه	٩٣	١٩٢	٩٩	٥١,٥
النحاس	٣٢٣	٥٤٤	٢٢١	٤٠,٦
المنسوجات	١٧٢٥	٢٢٧٠	٥٤٥	٢٤ -

وتعرف الوحدات المستخدمه بجدول (٢ – ١٨) كالآتى

BOE = barrel of oil equivalent = برميل زيت مكافئ

bbl = barrel

Mt = metric tonne = طن مترى = 1000 kg

Mwh = mega watt - hour = ميجاوات - ساعة

مثال (١)

مبنى تجارى مساحة السطح المكيف ١٠٠٠٠٠ قدم مربع. الطاقة المستهلكة فى هذا المبنى خلال عام ١٩٩٦ تتكون من :

$1.76 * 10^6\ Kwh$

و $6.5 * 10^6\ Ft^3$ من الغاز الطبيعى

احسب مؤشر الانتفاع بالطاقة (EUI)

الحل :

يتم أولا تحويل الطاقة المستخدمة إلى وحدات Btu

$1\ kwh = 3412\ \ Btu$

$1\ Ft^3\ (natural\ gas) = 1000\ Btu$

الطاقه الكلية المستهلكة $= (1.76 * 10^6\ Kwh)\ (3412\ \ Btu\ /\ kwh)$

$+ (6.5 * 10^6\ Ft^3)\ (1000\ Btu\ /\ Ft^3)$

$= 1.25 * 10^{10}\ Btu\ /\ yr$

ثم يحسب مؤشر الانتفاع بالطاقة (EUI)

$$EUI = \frac{1.25 * 10^{10}\ \ Btu/\ yr}{10^5\ Ft^2} = 125000\ \ Btu\ /\ Ft^2\ /\ yr$$

ومن مقارنه هذه النتيجة بالقيمة النموذجية المناظرة وهى $101200\ \ Btu\ /\ Ft^2/\ yr$ نجد أنها تزيد بنسبة 23% عن القيمة النموذجية.

مثال (٢)

فى مثال رقم (١) إذا كانت التكلفة السنوية للطاقة الكهربائية 115,000 $ والتكلفة السنوية للغاز الطبيعى 32500 $ أوجد مؤشر تكلفة الطاقة (ECI) لهذا المبنى.

الحل :

التكلفة الكلية للطاقة = $\$ 115000 + \$ 32500 = \$ 147500 / yr$

مؤشر تكلفة الطاقة (ECI) يساوى

$$ECI = \frac{\$ 147500 / yr}{100000 \, Ft^2} = \$ 1.48 / Ft^2 / yr$$

ومن مقارنه هذه النتيجة بالقيمة النموذجية المنظار لها وهى $\$ 1.47 / Ft^2 / yr$
فانها تشير إلى كفاءة ممتازة لاستهلاك الطاقة .

مثال ٣

شركة غزل تنتج غزل قطن وبوليستر واكريليك (مقاسات مختلفة) .

الجدول التالى يوضح استهلاك الطاقه والمنتج لمدة ٥ سنوات احسب الاستهلاك النوعى للطاقه سنويا (SEC)

الحل :

السنه	المنتج ton	استهلاك الطاقه Mwh	SEC	
			Kwh / ton	GJ / ton
1^{st}	11464	43064	3757	13.4
2^{nd}	12037	43032	3575	12.8
3^{rd}	11336	47009	4147	14.8
4^{th}	5454	23980	4397	15.7
5^{th}	7947	36413	4582	16.4

حيث أن القيم النموذجية العالمية للاستهلاك النوعى للطاقة لغزل القطن $(20 \, GJ / ton)$ بوحدات (GJ / ton) لذا تم تحويل SEC من وحدات (Kwh / ton) إلى وحدات (GJ / ton) باستخدام تحويلات الطاقه من جدول (٢ - ٢)

$$1 \, Mwh = 3.6 \, GJ$$

ومن مقارنة النتائج بالقيمة النموذجية المناظرة وهى $20 \, GJ / ton$ فانها تشير إلى كفاءة ممتازة لاستهلاك الطاقه.

الباب الثالث

الاجهزة المستخدمة لاجراء مسح الطاقة

Energy Audit Instruments

للوصول إلى أفضل معلومات وبيانات لاستخدامها فى برامج الطاقه الناجحه يجب أن يستعين القائم بعمليات مسح الطاقه ببعض الأجهزة خلال زيارات المواقع.

يعتمد اختيار الاجهزة على نوع معدات استهلاك الطاقه المراد قياسها. فمثلا لقياس نظام استرجاع الحرارة المفقودة *(Waste heat recovery)* يجب على مسئول المسح قياس درجات الحرارة.

تصنف أجهزة مسح الطاقه إلى :

١ - أجهزة أداء النظم الكهربائية *Electrical system performance* مثل : أجهزة قياس المتغيرات الكهربائية - أجهزة قياس شدة الإضاءة.

٢ - أجهزة قياس درجة الحرارة *Temperature Measurements* مثل : المزدوجات الحرارية، الثرمستور، كاشف مقاوم درجة الحرارة.

٣ - أجهزة قياس الاحتراق *Combustion Measurements* مثل : أجهزة تحليل غازات الاحتراق NO_x, O_2 CO, CO_2

٤ - أجهزة قياس سرعة الهواء *Air Velocity* مثل أنبوبه المرشد *(Pilot Tube)*.

٥ - أجهزة قياس الضغط *Pressurc Measuement* مثل مقياس الضغط ذو انبوبه بوردون.

٦ - أجهزة قياس الرطوبه *Humidity Measurements*.

٧ - كاشفات تسرب الهواء المضغوط *Compressed Air Leak Detectors*.

٨ - كاشفات تسرب البخار *Steam leak detectors*.

يوضح جدول (٣ - ١) أمثلة للاجهزة المستخدمة لادارة الطاقه لبعض النظم

جدول (٣ - ١) الاجهزة المستخدمة لادارة الطاقه

النظام	الأجهزة	محمول	مثبت	المتغيرات المقاسه
الجسم الخارجى للغلايه	تصوير ضوئى بالاشعة تحت الحمراء	✓		القفد الحرارى
مصايد البخار	ثيرمومتر (حرارى) حساس	✓		اختلاف درجة الحرارة بين المدخل والمخرج
	استيثوسكوب (مسماع) Stethoscope	✓		الشوشرة الصادرة اثناء الفتح والغلق.
التدفئة، التبريد، التكييف	غطاء السريان	✓		معدل سريان الهواء
	انبوبه الدليل	✓		معدل سريان الهواء
	انبوبه الدليل تحتوى على مانومتر		✓	اختلاف الضغط بين نقطتين
	انبوبه بوردون	✓	✓	الضغط
	ثرمومتر	✓		درجة حرارة الحجرات، والمواسير
	مقياس السريان ذو الفتحة		✓	معدل السريان للهواء أو البخار
	سيكروميتر (مقياس الرطوبه)	✓	✓	الرطوبة
الاداء الكهربى	مسجل الحمل (التيار)		✓	الكهرباء المستهلكة / القيمة القصوى
	قياس المتغيرات الكهربائية	✓		الجهد ـ التيار ـ المقاومة
	واتميتر		✓	استهلاك القدرة
	مقياس معامل القدرة	✓	✓	معامل القدرة
الاضاءة	مقياس الاضاءة	✓		مستوى الاضاءة
المياه الساخنة	ثرمومتر	✓	✓	درجة الحرارة
كباسات الهواء	مقياس الضغط		✓	ضغط الزيت ـ ضغط الهواء
	مسماع بمقياس	✓		كراسى المحاور بالمحركات
	مقياس متعدد multimeters	✓		اتزان جهد الاوجه الثلاثة للمحركات
	استروبوسكوب (الحركة الدورية أو التردد أو السرعة)	✓		اهتزاز المحرك
	كاميرا بالاشعة تحت الحمراء	✓		كراسى المحاور

١ - قياس الضغط Pressure Measurement

تفيد قياسات الضغط فى تقييم تشغيل النظام. يعرف الضغط بأنه القوة (F) المؤثرة على وحدة المساحة (A) يخضع الضغط للمعادلة الآتية :

$$P = \frac{dF}{dA}$$

مصطلحات قياسات الضغط :

توجد المصطلحات الآتية لقياسات الضغط

١ – الضغط المطلق Absolute Pressure (Psia)

٢ – الضغط المقياسى Gauge pressure (Psig)

٣ – ضغط التفريغ Vacuum pressure

٤ – الضغط الفرقى Differential pressure

يوضح شكل (٣ – ١) المصطلحات الاساسية لقياسات الضغط.

فى حالة عدم سكون السائل تضاف المصطلحات الآتية :

٥ – الضغط الاستاتيكى Static pressure

٦ – الضغط الديناميكى Dynamic Pressure

٧ – الضغط الكلى Total pressure

ويوضح شكل (٣ – ٢) تعريف الضغط الاستاتيكى، الديناميكى، الكلى

أغلب أجهزة قياسات الضغط (مثل أنابيب بوردون، المانومترات، المنفاخ) تقيس اختلاف الضغط بين نقطتين يكونا عادة الضغط الجوى *(atmospheric pressure)* وضغط آخر. يعرف هذا الاختلاف فى الضغط بالضغط المقياسى *(gauge pressure)* ينتج الضغط الجوى من وزن الهواء وبخار المياه على سطح الكرة الارضية.

يكون الضغط الجوى القياسى *(Standard atmospheric pressure)* (والذى يطلق عليه ايضا بالضغط البارومترى القياسى *Standard barometric pressure* هو :

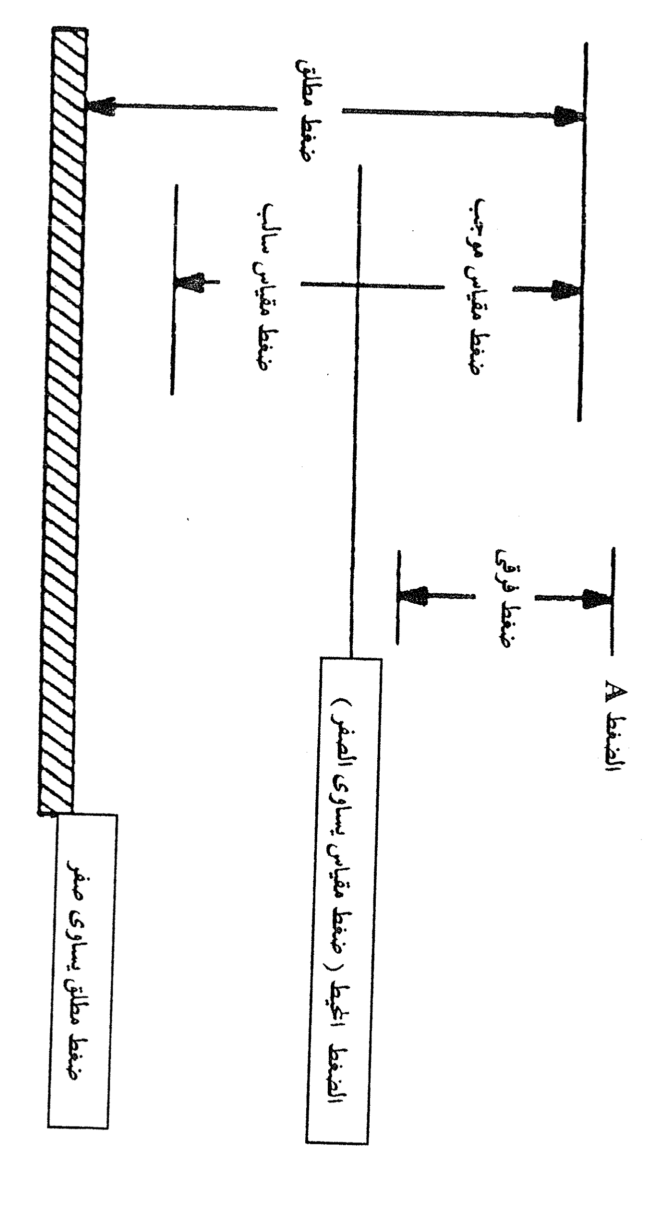
= ٧٦٠ ملليمتر زئبق *(Hg)*

= ١٠,٤٤ متر عمود مياه

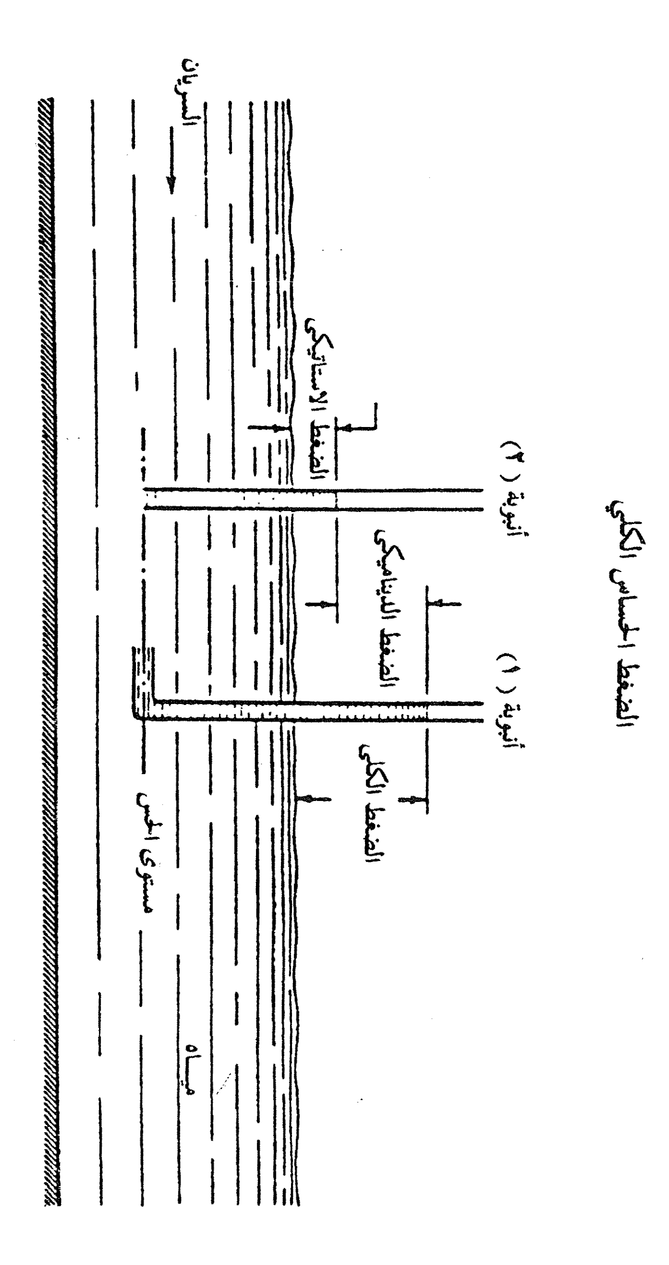
= ١٠١٣٢٥ نيوتن لكل متر مربع (N/m^2)

= ١,٠٣٣ كيلو جرام لكل سم ٢ (kg/cm^2)

= ١,٠١٣ بار *(Bar)*



شكل (٣ - ١) وحدات الضغط الأساسية



شكل (٣ - ٢) الضغط الحساس الاستاتيكي والديناميكي والكلي

يتغير الضغط الجوى الفعلى مع حالة الجو وخط العرض الأفقى والارتفاع (تقل حوالى ٠,٨ بار لكل ٣٠٠ متر ارتفاع فوق مستوى البحر).

يكون الضغط المطلق هو مجموع الضغط القياسى والضغط الجوى.

ويكون الضغط المطلق مساويا للصفر عند الفراغ الكامل فقط.

تبعا لمعادلة الضغط $P = \frac{dF}{dA}$ فان الهدف من أى جهاز لقياس الضغط يكون قياس القوة على وحدة المساحة، وهذا لا يتم بسهولة لان كل من العنصرين يتأثرا بدرجة الحرارة والضغط والجاذبية.

تعتبر الجاذبيه هى القوة المعروفة لبعض أجهزة قياس الضغط مثل المانومترات *(Manometers)* ومقايس الضغط ذو الحمل المباشر *(Dead weights pressure gauge)* بينما بعض الأجهزة الأخرى تستخدم طرق اتزان القوة *(Force Balance Methods)* أغلب أجهزة القياس تستخدم القوة المرنة متمثلة فى ياى. ويكون التغير الوحيد المقاس عبارة عن كيفية ازاحة الياى.

مقياس الضغط *Pressure gauge*

يستخدم مقياس الضغط لمراقبة نظم الموائع والبخار. من أمثلة أجهزة مقياس الضغط جهاز مقياس الضغط ذى انبوبه بوردون *(Bourdon tube)* وتكون الانبوبة مغلقة من أحد الجانبين ولها مقطع داخلى شبه دائرى.

يوضح شكل (٣ – ٣) تمثيل لمقياس الضغط ذى انبوبه بوردون.

ويمكن قياس الضغط فى المدى من صفر إلى ٧٠ بار

٢ - قياس درجة الحرارة *Temperature Measurement*

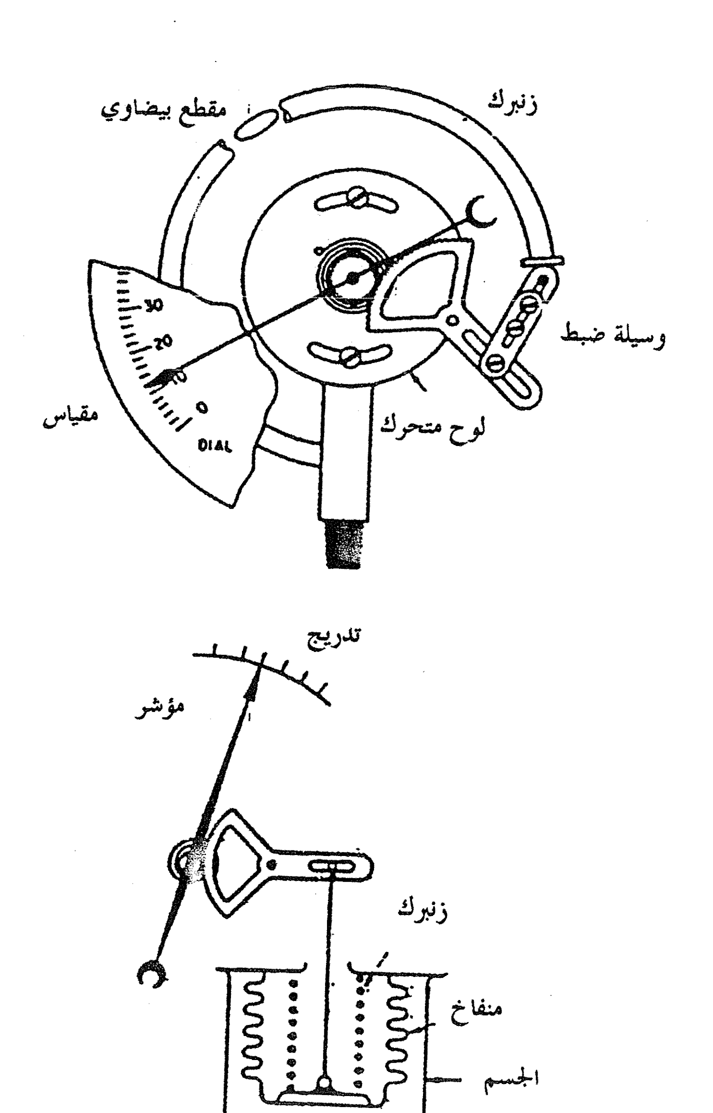
من أكثر المتغيرات الشائعة فى قياسات دراسات الطاقه هى قياس درجة الحرارة وهى خاصية تعيين درجة برودة أو سخونه مائع المنظومه.

ووحداتها :

$^\circ C$ لدرجات الحرارة العادية المقاسه بالترمومتر الزئبقى.

K لدرجات الحرارة المطلقه *(absolute)* حيث أن

درجة الحرارة المطلقه = درجة الحرارة العادية + °٢٧٣



شكل (٣ - ٣) مقياس الضغط ذو أنبوبه بوردون

(ادارة طلب الطاقه - ٢)

تكون جميع طرق قياس درجة الحرارة غير مباشرة، بمعنى أن يكون القياس أما :
* بالطاقة المشعة (مثل الثرمومتر الاشعاعى) أو.
* بالقوة الدافعة الكهربائية أو.
* بالتمدد الحجمى (مثل الثرمومتر المملوء بسائل) أو
* بتغير الابعاد (مثل الثرمومتر ذى المعدن المزدوج).

يعتمد تقيم جميع قيم درجة الحرارة الكامنه للبخار أو استهلاكات الطاقه للعمليات المختلفة على درجة الحرارة عند كل مراحل البخار أو العمليات.

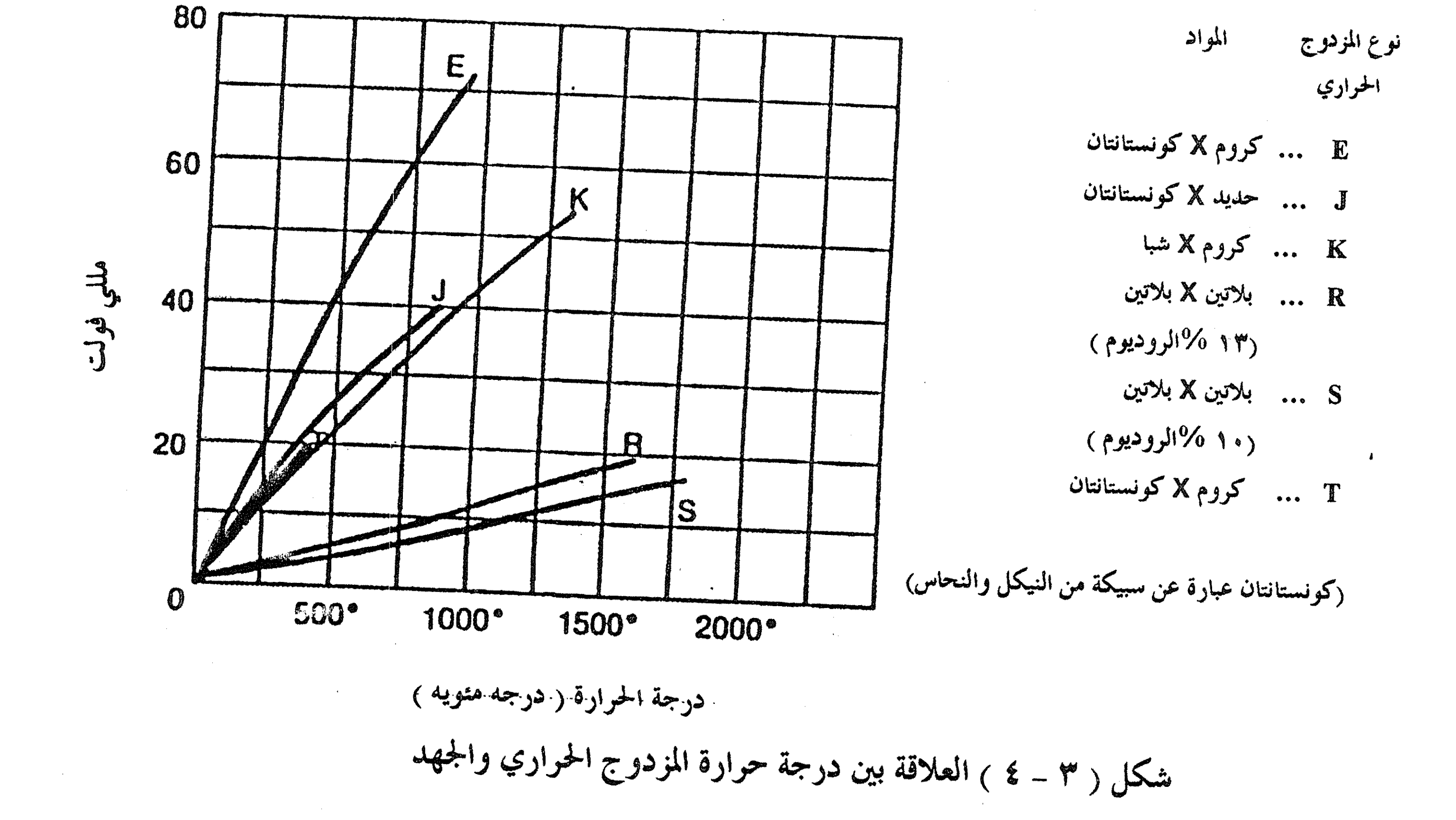
يعتمد اختيار جهاز قياس درجة الحرارة على :
* مدى درجة الحرارة المقاسه.
* مدى السرعة التى يجب أن تقاس بها درجة الحرارة.

وفيما يلى توضيح لبعض أنواع تقنيات قياس درجة الحرارة.

أ - المزدوجات الحرارية *(Thermocouples)*

المزدوج الحرارى هو عنصر حساس لدرجة الحرارة يتكون من موصلات كهربائية غير متشابهه معزوله عن بعضها كهربيا يوجد موصلين عند اطراف المزدوج الحرارى، أحدهما يسمى موصل القياس *(measuring junction)* والذى يخضع لدرجة الحرارة المقاسة، بينما الاخر يسمى موصل المرجع *(reference junction)* والذى يكون له درجة حرارة معرفة عادة تكون أما درجة الحرارة المحيطة أو نقطة الجليد *(ice point)* أحد الأطراف يوضع فى المساحة المراد قياس درجة حرارتها. الاختلاف بين درجة حرارة الطرفين يحدث تولد للجهد. تكون قيمة الجهد دالة فى اختلاف درجة الحرارة بين موصل القياس وموصل المرجع.

يوضح شكل (٣ - ٤) العلاقة بين درجة حرارة المزدوج الحرارى والجهد لبعض الأنواع المختلفة من المعادن.



نوع المزدوج الحراري		المواد
E	...	كروم X كونستانتان
J	...	حديد X كونستانتان
K	...	كروم X شبا
R	...	بلاتين X بلاتين (١٣ %الروديوم)
S	...	بلاتين X بلاتين (١٠ %الروديوم)
T	...	كروم X كونستانتان

(كونستانتان عبارة عن سبيكة من النيكل والنحاس)

شكل (٣ - ٤) العلاقة بين درجة حرارة المزدوج الحراري والجهد

ب - الثرمستور *(Thermistor)*

هو عبارة عن مقاومة ذات حساسية لدرجة الحرارة، لها خاصية غير خطيه. أى لها معامل حرارى سالب كبير، يكون للثرمستور تطبيقات لمدى محدد. فمثلا لدرجات الحرارة أقل من F ٢١٢ فان الثرمستور يكون حساس جدا وله معامل حرارى $2\ \pi / F$

جـ - كاشف مقاوم درجة الحرارة *Resistance Temperature Detector*

والذى يرمز له بالرموز *RTD* هو عبارة عن مقاومة ذات حساسية لدرجة الحرارة، لها خاصية خطيه.

يوضح جدول (٣ - ٢) مميزات وعيوب الانواع المختلفة لاجهزة قياس درجة الحرارة.

جدول (٣ - ٢)

	Thermistor (R, RESISTANCE – T, TEMPERATURE)	RTD (R, RESISTANCE – T, TEMPERATURE)	Thermocouple (V, VOLTAGE – T, TEMPERATURE)
المميزات	* مخرج عالى * سريع * يقيس المقاومه بين طرفين	* أكثر استقرارا. * أكثر دقه * أكثر خطيه من المزدوج الحرارى.	* ذاتى التغذيه. * بسيط. * متين * منخفض السعر. * مدى واسع للتشكيل الفيزيائى. * مدى واسع لدرجة الحرارة
العيوب	* خاصية غير خطيه. * مدى محدد لدرجة الدرجة. * هش. * يحتاج لمصدر تيار. * ذاتى السخونه.	* غالى السعر. * بطئ. * يحتاج لمصدر تيار. * تغير صغير فى المقاومة. * تقاس من خلال ٤ أسلاك. * ذاتى السخونة.	* خاصية غير خطيه. * جهد منخفض. * أقل استقرارا. * أقل حساسيه. * يحتاج إلى مرجع

(ادارة طلب الطاقه - ٢)

د - بيروميتر *Pyrometer* **:**

في كثير من عمليات مسح الطاقه نحتاج إلى قياس درجة الحرارة عن بعد لخطوره المواضع المراد قياس درجة حرارته مثل نقط رباطات توصيلات شبكة كهربائية مثلا وذلك للكشف عن النقاط الساخنة *(Hot Spots)*. عندئذ يحتاج القائم بالمسح لوسيلة للقياس بدون لمس السطح المراد قياسه. الاجهزة من هذا النوع تقيس الاشعاعات فوق الحمراء *(infrared radiation)* المنبعثة بواسطة الغرض ويحول الاشعاع المقاس إلى درجة حرارة مقروءه.

من خصائص الاجهزة المستخدمة :

* مدى درجة الحرارة : من – ٣٠° م إلى ٩٠٠° م
* زمن الاستجابة : ٢٥٠ مللى ثانيه.
* مصدر الطاقه : بطاريه
* الابتعاثية *(Emissivity)*
* أنذار الحد الأقصى والادنى لدرجات الحرارة.
* قياسات درجة الحرارة : لحظيا - الحد الاقصى - الحد الادنى - متوسط درجة الحرارة.
* عدد أشعة الليزر

حيث أن الابتعاثيه *(Emissivity)* تختلف من معدن لآخر لذا توجد أجهزة يتم ضبط الابتعاثيه، عليها قبل القياس، حسب المادة المراد قياس درجة حرارتها أو تكون الابتعاثيه مخزنة بالذاكرة لكل المواد التى يتم التعامل معها.

يوضح جدول (٣ – ٣) الابتعاثيه لبعض المواد المعدنية وغير المعدنية.

ويوضح شكل (٣ – ٥) أحد أنواع أجهزة البيروميتر.

جدول (٣ - ٣) أ الابتعاثيه (∈) للمواد المعدنية

المادة	الصفه	الابتعاثيه ∈
الومنيوم	غير مؤكسد	٠,١ – ٠,٠٢
	مؤكسد	٠,٤ – ٠,٢
	سبيكه A3003 مؤكسد (Oxidized)	٠,٣
	خشن (Roughened)	٠,٣ – ٠,١
	مصقول (Polished)	٠,١ – ٠,٠٢
النحاس الاصفر	مصقول	٠,٠٥ – ٠,٠١
	مصقول بالحك (Burnished)	٠,٣
	مؤكسد	٠,٥
كربون	غير مؤكسد	٠,٩ – ٠,٨
	جرافيت (Graphite)	٠,٨ – ٠,٧

المادة	الصفه	الابتعاثيه ∈
الرصاص	مصقول	٠,١ – ٠,٠٥
	خشن	٠,٤
	مؤكسد	٠,٦ – ٠,٢
صلب	مدلفن على البارد	٠,٩ – ٠,٧
	لوح مجلخ (Ground sheet)	٠,٦ – ٠,٤
	لوح مصقول	٠,١
	منصهر	–
	مؤكسد	٠,٨ – ,٠١
	غير قابل للصدأ (Stainless)	٠,٠٥
تنجستن	مصقول	٠,١ – ,٠٣
زنك	مؤكسد	٠,١
	مصقول	٠,٠٢

جدول (٣ - ٢) ب الابتعاثيه (ϵ) للمواد غير المعدنية.

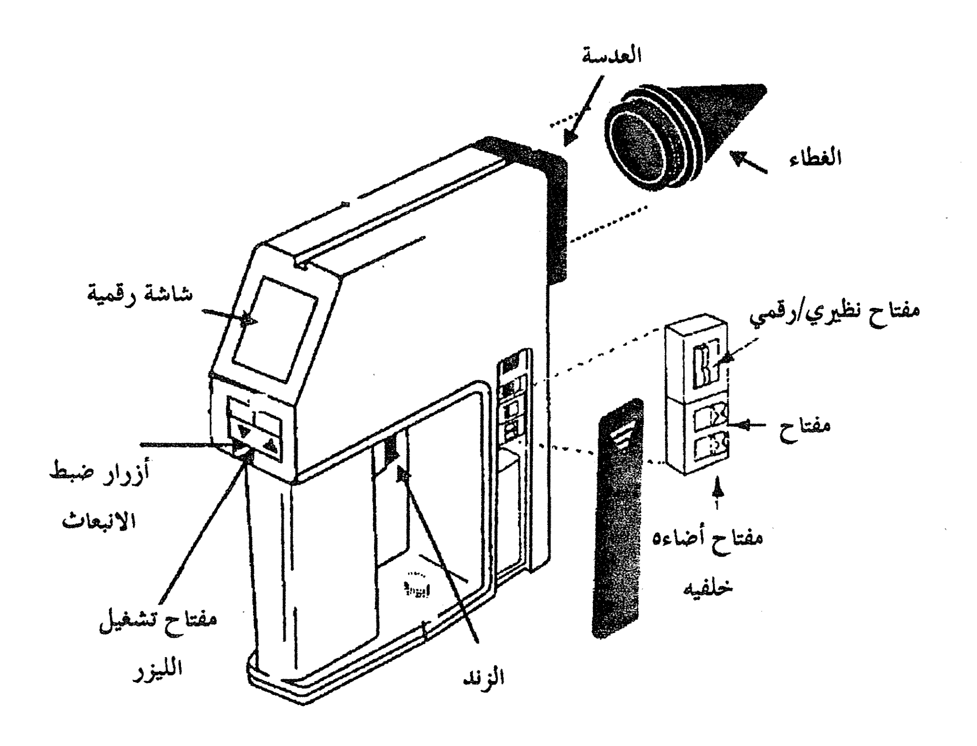
الابتعاثيه ϵ	الصفه	الابتعاثيه ϵ	المادة
٠,٩٥	Ice Bath حوض ثلج	٠,٩٥	Asbestos اسبستوس
٠,٩٨	Lime stone حجر جيرى	٠,٩٥	Asphalt اسفلت
٠,٩ – ٠,٩٥	طلاء (غير الالومنيوم) Paint (non- Al)	٠,٧	Basalt البازلت
		٠,٩	Carborundum كاربوراندم
٠,٩٥	ورق (جميع الألوان) Paper (any color)	٠,٩٥	Ceramic فخار / خزف
		٠,٩٥	Clay طين
٠,٩٥	Plastic بلاستيك	٠,٩٥	Concrete خرسانه
٠,٩٥	Rubber مطاط	٠,٩٥	Cloth قماش
٠,٩	Sand رمال	٠,٨٥	Class - plate زجاج
٠,٩	Snow جليد	٠,٩٥	Gravel حصى
٠,٩ – ٠,٩٨	Soil تربه	٠,٨ – ٠,٩٥	Gypsum جبس
٠,٩٣	Water مياه	٠,٩٨	Ice ثلج
٠,٩ – ٠,٩٥	Wood, natural خشب طبيعى		

٣ - قياس معدل السريان والسرعة *Velocity and Flow - rate measurement*

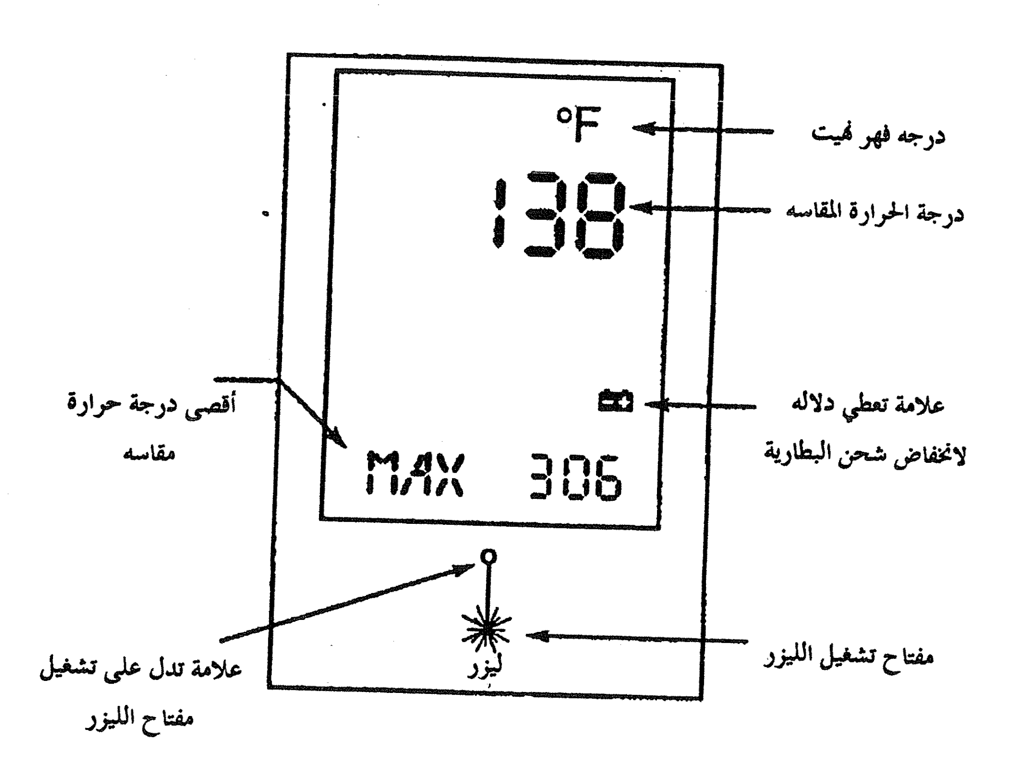
فى كثير من حالات مسح الطاقه، يكون قياس السريان من أكثر المتغيرات المقاسه صعوبه. إذا لم يكن النظام يحتوى على أجهزة لقياس السريان فانه يجب التفكير أو لا فى التكلفة قبل أخذ القرار بتركيب أجهزة اثناء قياسات الطاقه. اذا كان القرار أنه يجب شراء وتركيب أجهزة قياس السريان فيجب اختيار نوع الجهاز ومكانه بدقه عاليه.

من أنواع أجهزة قياس السريان :

- النوع ذو الفتحة *(Orifice Type)*
- انبوبه الدليل المانومترى *(Pilot tube and manometer)*
- فيلوميتر *(Velometer)*
- التراسونك، موجات فوق صوتيه (غير متدخل) *Ultrasonic (non - intrusive).*



شكل (٣-٥) (أ) جهاز قياس درجة الحرارة



شكل (٣ - ٥) (ب)الشاشة الرقمية
بجهاز قياس درجة الحرارة

(ادارة طلب الطاقه - ٢)

- روتاميتر *(Rotameter)*
- مقياس التربينه *(Turbine meter)*
- الازاحه الموجبه *(Positive displacement)*

وفيما يلي فكرة عن بعض هذه الانواع :

أ - مقياس ذو الفتحة *(Orifice meter)* :

من أكثر الاجهزة شيوعا لقياس سريان المائع هو المقياس ذى الفتحة

يستخدم هذا الجهاز لقياس سريان الموائع والغازات ذات الكثافة المنخفضة – الماره المواسير. عندما يكون المدى بين أقصى سريان وادنى سريان لا يتعدى النسبة ٣ إلى ١

يركب الجهاز بين شفتى ماسورة *(Pipe flanges)*

يقيس الجهاز اختلاف الضغط على جانبى اللوح ذى الفتحة *(Orifice plate)*. يتكون المقياس من قرص أو لوح به ثقب له قطر محدد. يثبت القرص ومانوميتر داخل الماسورة أو المجرى وعلى ذلك يكون قطر ثقب القرص دائما أقل من القطر الداخلى للماسورة أى أن الضغط عند المجرى الهابط *(down stream)* للقرص أقل من الضغط عند المجرى الصاعد *(upstream)* للقرص. باستخدام كل من فرق الضغط بين جانبى القرص، وقطر الفتحة والقطر الداخلى للماسورة وكثافة المادة، نحصل على قيمة سرعة سريان المادة.

ب - انبوبه الدليل *(Pilot tube)* :

تعتمد فكرة عمل انبوبه الدليل على تخليق هبوط فى الضغط عند سريان الهواء خلال نهاية انبوبه مفتوحة، ثم يحول الهبوط المقاس فى الضغط إلى سرعة مقاسه للهواء عند نهاية الانبوبه.

تستخدم انبوبه الدليل فى تطبيقات مدى معدل سريان الهواء من المجارى لتحديد سرعة الهواء للطياره.

جـ - غطاء السريان *(Flow Hoods)* :

يشبه الغطاء شكل هرمى مقلوب قمته مكعب صغير. يصنع الهرم المقلوب من قماش لتقليل تسرب الهواء. يمثل المكعب الصغير كتربينه تنتج تيار والذى يتم قياسه. عمليا، فان فتح الغطاء يكون أعلى الهواية *(grill)* لانبعاث الهواء.

ينـدفـع الهـواء إلى قـاعـدة الهرم، يدور التربينه، ويولد الكهرباء. يعاير المقياس بوحدات $ft\,/\,min$ أو $m/\,sec$

وعليه تكون مساحة المقطع معروفة عند موضع السرعة المقاسه، عندئذ يمكن حساب قيمه $ft^3\,/\,min$ أو $m^3\,/\,sec$

٤ - قياس الاهتزازات *Vibration Measurement*

تحدث الاهتزازات لاغلب الأجهزة والمعدات الميكانيكية. أحيانا يستفاد من هذه الشوشرة *(noise)* مثل حالة الشوشرة الناتجة عند قفل وفتح مصايد البخار، والتى يستدل منها على العمل السليم للمصيده.

زيادة الاهتزازات فى الآلة تشير إلى وجود خطأ ما. توجد أجهزة متعددة للكشف عن الاهتزازات منها : المسماع *(Stethoscop)*، مقياس الحركة الدورية أو التردد أو السرعة *(Stroboscop)*.

٥ - أجهزة تحليل غازات المدخنة *Stack - Gas Analysis* :

من المعروف أن الصيانه الفعليه للغلايه تعتمد على معرفة مكونات غازات المدخنه. إذا وجدت جزئيات الاكسجين بكمية عاليه، فان الغلايه تعمل بكفاءة منخفضة، بينما إذا كانت جزئيات أحادى الكربون موجودة أو ينبعث الدخان بكمية كبيرة، فإن الغلايه تعمل بكفاءة منخفضة وهذا يؤدى إلى مخاطر، وعليه فانه من الأهمية الاحتفاظ بقيم محددة للـ CO, O_2 والدخان.

من أجهزة مراقبة وتحليل الغازات جهاز أورسات، كاشفات الادخنة.

- **جهاز أورسات** *(Orsat Apparatus)* :

تتكون مجموعة أورسات من ثلاثة أنابيب مملوءة بهيدروكسيد البوتاسيوم *Potassium hydroxide* وبيروجلات البوتاسيوم *(Potassium Pyrogallate)* وكلوريد النحاس *(Cuprous chloride)* على التوالى. (بيروجلات البوتاسيوم هو ملح مختزل ناتج من حامض *Pyrogalic acid* وهو يعمل على اختزال الاكسجين لقياس نقاوة الهيدروچين).

تتقدم غازات المدخنة إلى الانابيب الثلاثة، تتحرك كميات CO, O_2, CO_2 فى الانابيب الأولى والثانية والثالثة على الترتيب لتعطى دلالة لخصائص الغازات فى المدخنة ويفرض أن الغاز المتبقى عبارة عن نيتروچين.

ويتم اجراء هذا الاختيار بتحليل ثلاثة عينات من الغازات تؤخذ من مواضع مختلفة من المدخنة.

• كاشفات الادخنة *Smoke Detectors* :

تعمل كاشفات الادخنة عن طريق مقارنه كمية من الاضاءة الصادرة من عينة من الدخان مع بعض الظلال القياسية *(Standard Shades)* عند استخدام مقياس رينجلمان *(Ringlemann Scale)* يكون رقم الدخان بين ١ و ٤ وعند استخدام مقياس بتشرش *(Bacharch Scale)* فان الرقم يكون بين ١ و ٩ يمكن أن تكون كاشفات الادخنة أما أجهزة محمولة أو مثبته.

٦ - أجهزة تحليل المتغيرات الكهربائية :

أ - جهاز قياس معامل القدرة *(Power Factor meter)*:

عبارة عن جهاز نقالى يمكن به قياس معامل القدرة للثلاثة أطوار. حيث يتم توصيل أطراف الجهاز الخاصة بالجهد على الأطوار الثلاثة للكهرباء بينما يوصل كلامب التيار لاحد الأطوار.

خصائص أجهزة قياس معامل القدرة الشائعة الاستخدام :

– مدى معامل القدرة المقاس : من ١ (متقدم *Leading*) إلى ١ (متأخر *Lagging*)
* أقصى جهد : ٦٠٠ فولت
* تيار الحمل : حتى ١٥٠٠ أمبير

يوضح شكل (٣ – ٦) جهاز قياس معامل القدرة فى حالة عدم اتزان الاحمال للثلاثة أطوار فانه يتم قياس معامل القدرة لكل طور PF_1, PF_2, PF_3 وكذلك قياس التيار لكل طور A_1, A_2, A_3 ثم يحسب معامل القدرة لنظام ثلاثى الاطوار كالآتى :

$$3 - ph\ power\ Factor = \frac{(A_1 * PF_1) + (A_2 * PF_2) + (A_3 * PF_3)}{(A_1 + A_2 + A_3)}$$

ب - جهاز الوتميتر *(Wattmeter)* :

نحصل من جهاز الوتميتر النقالى على قراءة مباشرة لطلب القدرة *(Demand)*

خصائص الوتميتر :

– الجهد : ٦٥٠ فولت

- التيار : ٦٠٠ أمبير
- القدرة : ٣٠٠ ك.و

يمكن قياس الثلاثة اطوار المتزنة أو غير المتزنة

يوضح شكل (٣ - ٧) جهاز قياس القدرة (الوتميتر).

ويوضح شكل (٣ - ٨) الطرق المختلفة لقياس القدرة.

جـ - جهاز تحليل الطاقه *(Energy Analyzers)* :

باستخدام جهاز تحليل الطاقه يمكن قياس جميع المتغيرات الكهربائية وتسجيلها وطباعتها أو تخزينها ونقلها على كمبيوتر شخصى والذى يسهل تحليل هذه المتغيرات.

من المتغيرات الكهربائية المقاسه :

* جذر متوسط مربعات الجهد والتيار *(RMS Voltege & current)*
* التيار والجهد العابر *(Voltage & Current transient)*
* تردد الجهد *(Voltage Frequency)*
* معامل القدرة *(Power Factor)*
* القدرة *(KW, KVA, KVAR)*
* الطاقة *(KWH)*
* أقصى قدرة *(Peak demond)*
* الموجه الكهربائية *(Wave form)*
* التشوه الكلى بالتوافقيات *(Total Harmanic Distortion)*
* التوافقيات المنفصلة *(Hamonic Spectrum)*

د - جهاز قياس الاضاءة *(Lightmeter)* :

اثناء عمليات المسح يتم قياس شدة الاضاءة ومقارنتها بالقيم المقترحة عالميا

يستخدم جهاز لقياس شدة الاضاءة كالموضح فى شكل (٣ - ٩).

وهو يناسب جميع القياسات الداخلية والخارجية. كذلك يمكن القياس به عن بعد لاحتوائه على وصله كابل مرن. يتكون الجهاز من خليه كهروضوئيه وشاشه رقمية وميكروكمبيوتر ويمتاز الجهاز بدرجة دقة عالية جدا.

يقيس الجهاز شده الاضاءة فى المدى من صفر إلى ٥٠٠٠٠ لاكس (واحد لاكس يساوى ٠,٠٩٢٩ شمعه. قدم).

يحتوى الجهاز على بطاريه ٩ ڤولت لتشغيل الجهاز.

يمتاز الجهاز باحتواءه على ثلاثة حدود هى ٢٠٠٠ و ٢٠٠٠٠ و ٥٠٠٠٠ لاكس

يوضح جدول (٣ – ٤) مستوى الاضاءة المقترح لاغراض مختلفة .

جدول (٣ - ٤) مستوى الاضاءة المقترح لاغراض مختلفة

مستوى الاضاءة Foot candle (Fc) شمعه. قدم	المكان	
٣٠	حجرة الغلايه - مكابس الهواء - حجرة الضواغط - المساعدات - المكثفات - المبخرات - السخانات	المرافق
٥٠	خلايا التحكم	
٥	ابراج التبريد	
٥	انفاق خاصه بالمرافق	
٥٠		ورش الصيانه
١٠٠		المعامل
٢٠	محطات المحولات، صالة قواطع التيار	المهمات الكهربائية
٥٠	حجرة مراكز التحكم	
١٠٠	ورش تصليح الاجهزة	
٧٠ – ١٠٠	مكتب عام	المكاتب
٧٠	حجرة اجتماعات	
١٥٠	حجرة تجميع البيانات والنسخ	
٥٠	خلايا التليفونات	
٣٠	حجرة الاستقبال	
٣٠	المكتبة العامة	
٧٠	حجرة القراءة	
٣٠	المطعم - دورة المياه	
١	الاضاءة الليلية (الأمن)	

١ شمعه. قدم = ١٠,٧٦ لاكس

١ شمعه. قدم = ١ لومن / قدم مربع

(ادارة طلب الطاقه - ٢)

تابع جدول (٣ - ٤)

المكان		مستوى الاضاءة Foot candle (Fc) شمعه. قدم
العمليات الصناعية والانتاج	صالات معدات العمليات	٥٠
	الخلط - الوزن..	٣٠
	كباسات - مبردات - مراوح	٥
	النقش والتلوين	٣٠
	التنظيف - الكشف عن المواد الخام	٧٠
	تصنيف أولى - تصنيف نهائى - فحص	١٠٠
	فحص الوان	١٠٠ - ٢٠٠
	تركيب الماكينات	١٠٠
	التحميل - النقل	٢٠
	عربات الشحن	١٠
التعبئة	الملء - التعبئة - التغليف	٥٠
التخزين	تحضير (معدات احتياطيه) بأحجام كبيره	١٠
	أحجام متوسطة	٢٠
	عبوات دقيقة	٥٠
	تصنيف	٣٠
مستودع البضائع		١٥ - ٢٥

٧ - **تحليل المياه** *(Water Analysis)* :

يحتاج ماسح الطاقة إلى اختبار مياه الغلايه ومياه التغذية لقياس درجة التركيز، للتأكد من التشغيل الآمن والكفئ للغلاية.

تتم الاختبارات الآتيه : القلويه *(alkalinity)* & غاز الكلور *(Chlorine)* & العُسر *(hardness)* فوسفات *(phosphate)* & الكبريت *(Sulfite)* & اكسچين *(Oxygen)* & تحديد الاس الهيدروچينى *(PH)* & المواد الصلبه المذابه الكلية *(Total dissolved solids)*

ويعتبر الاخير هو أهم الاختبارات والذى يرمز له بالرموز *TDS*

بقياس *TDS* لمياه التغذيه *(Feed water)* & والمتكاثف المسترجع *(Condensate return)* مياه المعالجة *(makeup water)* & مياه الغلايه، نحصل على تقيم لحاله الغلايه ونظام المتكاثف وتوزيع البخار.

تدل كمية المواد الصلبه المذابة بالمياه على انتقال الحرارة من الغلايه.

يؤدى التركيز العالى للمواد الصلبه المذابة فى مياه الغلايه إلى إعاقه الاسطح للتحول الحرارى.

كذلك فان تقيم نسب المحتوى الصلب فى مياه المعالجة والمسترجع والتغذية يشير إلى تسرب الضغط فى نظم البخار والمتكاثف.

يستخدم جهاز قياس المواد الصلبه المذابة الكلية *(TDS)* (والذى يطلق عليه ايضا جهاز قياس الموصولية *(Conductivity meter)* لايجاد تركيز المواد الصلبه المذابة فى مياه الغلاية. يوضح شكل (٣ – ٤) أحد أنواع أجهزة قياس *TDS* والذى يعتمد فى تشغيله على قياس المقاومة الكهربائية (عكس الموصولية) لعينه السائل. فمثلا للمياه النقية تكون الموصولية تساوى الصفر. وعلى ذلك وجود المواد الصلبه يزيد الموصولية ونحصل من الجهاز على قراءة مباشرة للمواد الصلبه المذابة بوحدات جزء من المليون *(Part per million) ppm*

عند أخذ عينة مياه لاختبارها يجب التأكد من نظافة الزجاجة المأخوذ بها العينة وكذلك يتم غسل هذه الزجاجة أكثر من مرة من نفس مياه العينة بالنسبة لجهاز الاختبار فيجب التأكد من صحة الصفر كذلك التأكد من سلامة بطاريه تشغيل الجهاز.

يجب تجنب استخدام عينات مياه ساخنه (درجة حرارة أقل من ١٠٠° م قبل وضعها فى أناء العينة *(Sample container)* والذى تكون درجة حرارته أقل من ٥٠° م فكلما كانت درجة حرارة العينة قريبة من درجة حرارة الجو كلما كان القياس أكثر دقة. يتم أخذ عينه مياه الغلايه من موضع التفوير *(Blowdown point)* فى أغلب التطبيقات، تعمل الغلايه عند ضغط ٤٠ بار ويتراجع محتوى المواد الصلبه فى مياه الغلاية بين ٢٥٠٠ &٣٠٠٠ *ppm* إذا كان التركيز اقل، يتم تفوير كثير من المياه، وتفقد كل من المياه والمواد الكيميائية والطاقه. أما إذا كان التركيز أكبر فأنه يسبب قصور فى اسطح تحول الطاقه والذى تؤدى إلى انخفاض كفاءة تحويل الطاقه مع احتمال حدوث انهيار لانابيب الغلايه.

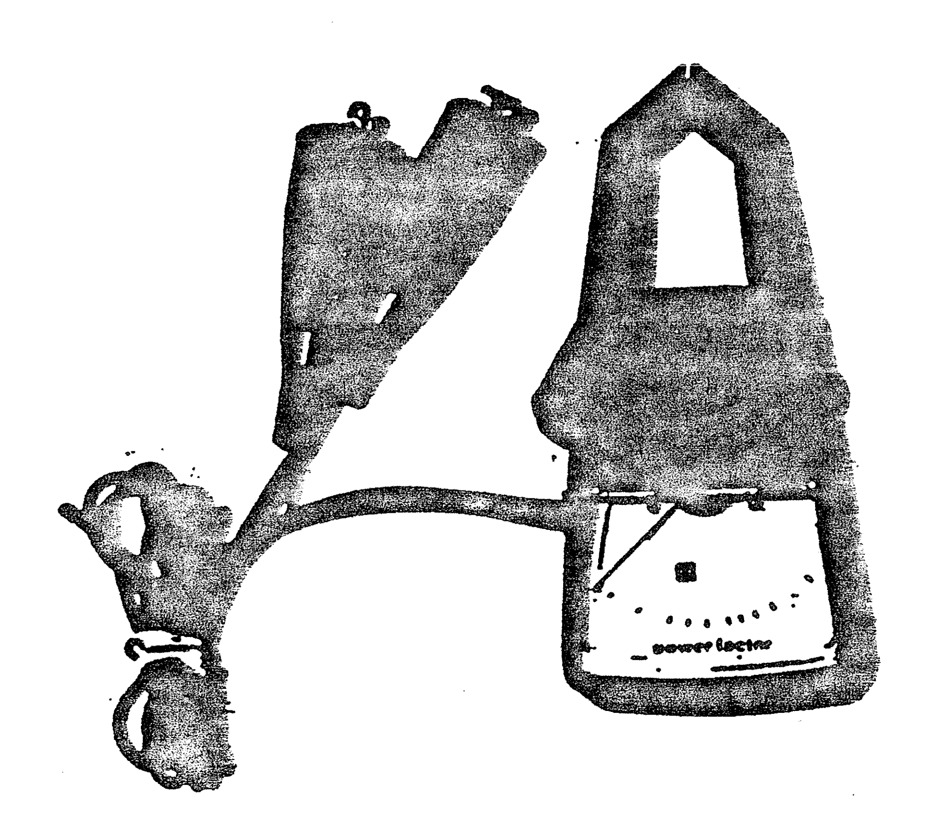
كذلك يتم اختبار مياه التعويض *(makeup)* والمتكاثف المسترجع ومياه تغذيه الغلايه. من هذه النتائج يتم حساب نسبه التعويض للمياه ومن ثم تقيم مفقودات النظام.

نحصل على نسبة مياه التعويض من المعادلة الآتية :

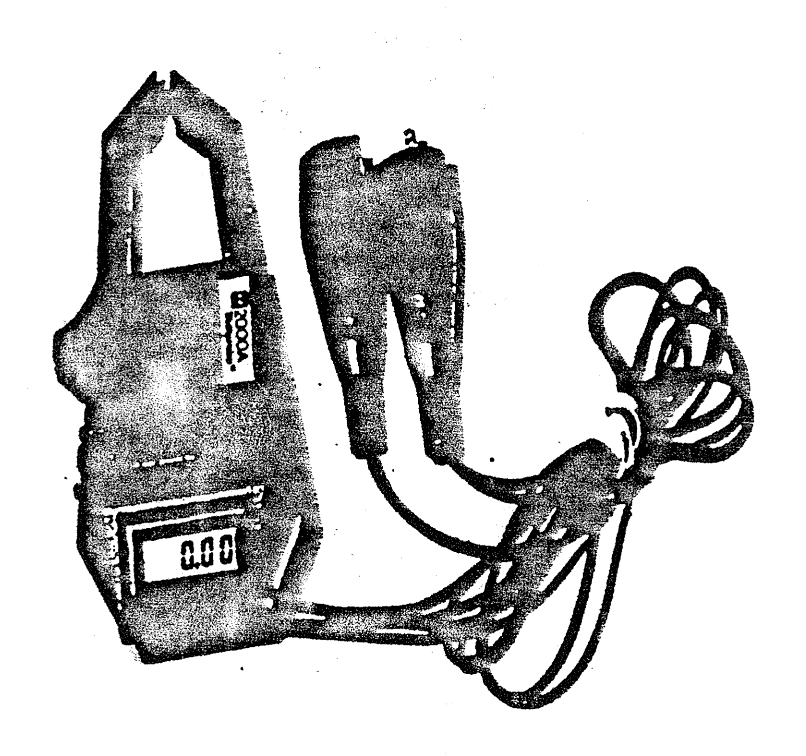
$$\% \, makeup = \frac{(makeup\ TDS) - (condensate\ TDS)}{(feed\ water\ TDS) - (condensate\ TDS)} * 100$$

جميع قيم *TDS* بوحدات *ppm*

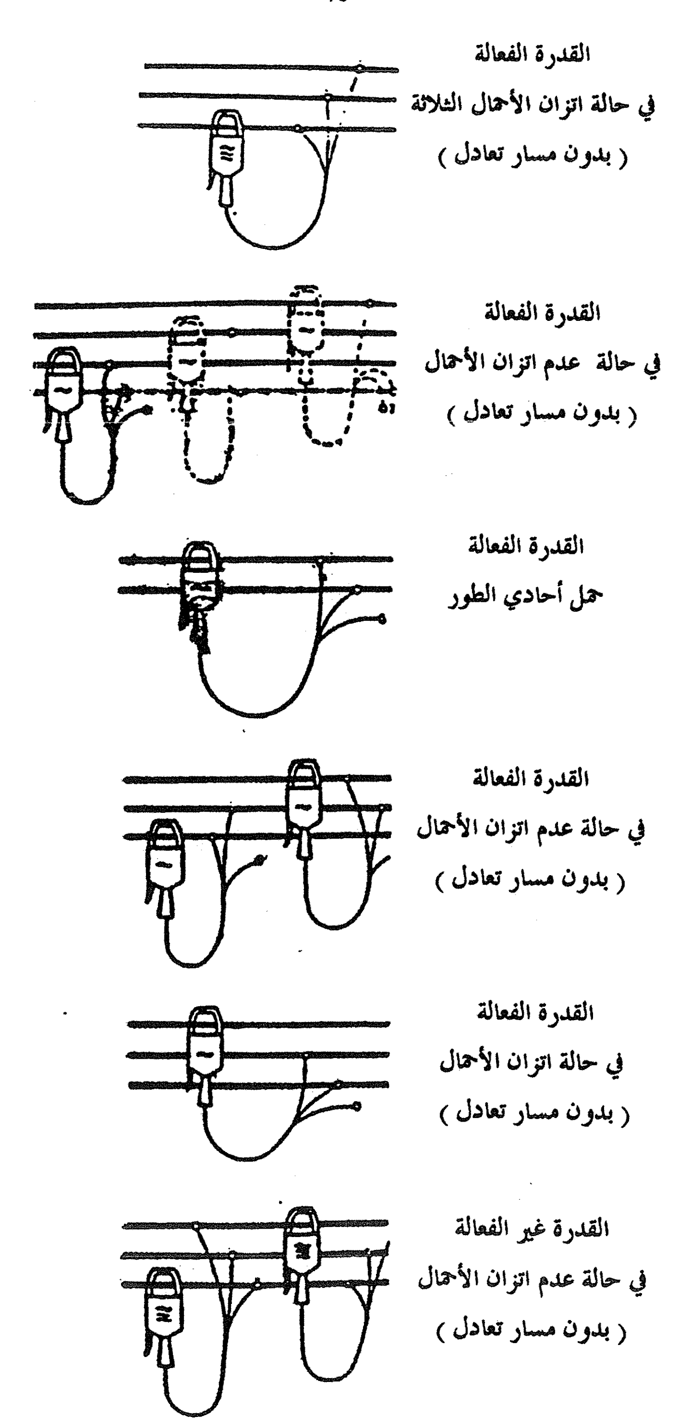
فى جميع التطبيقات الصناعية يجب العمل على تقليل مستوى التعويض إلى قيم أقل من ٢٠٪



شكل (٣ - ٦)

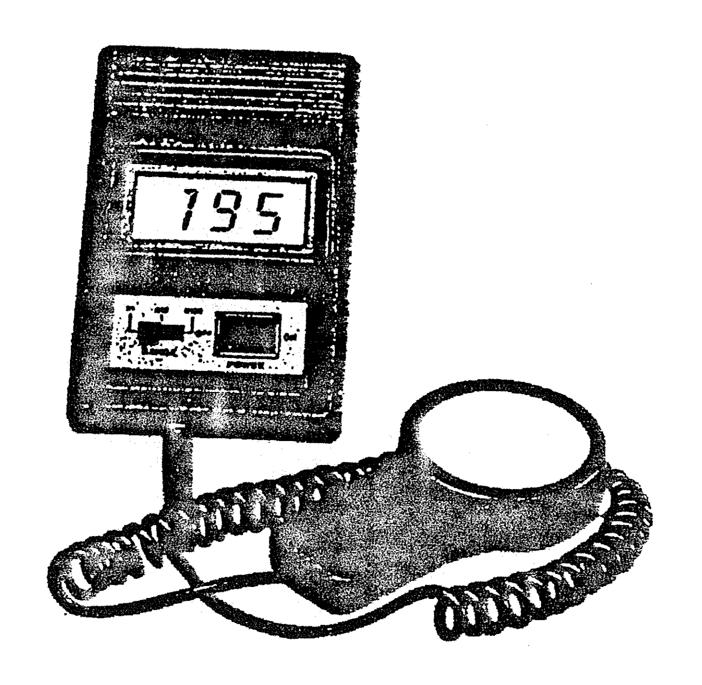


شكل (٣ – ٧)

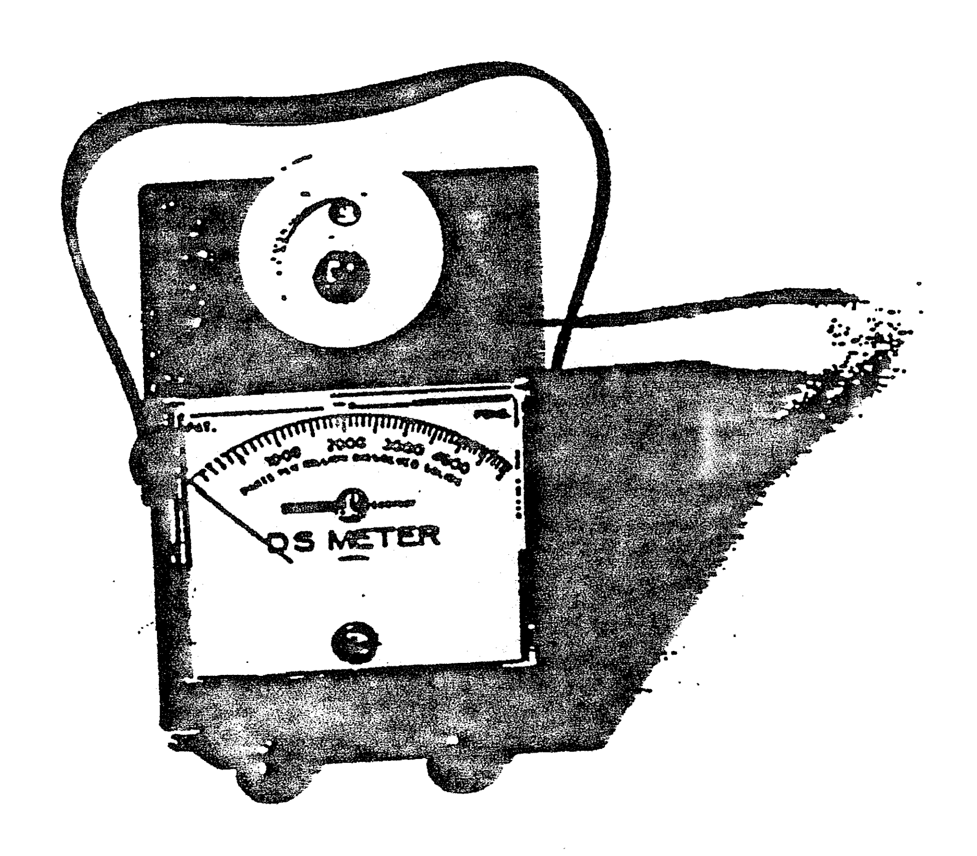


شكل (٣ ـ ٨) الطرق المختلفة لقياس القدرة

(ادارة طلب الطاقه ـ ٢)



شكل (٣ - ٩) جهاز قياس شدة الإضاءة



شكل (٣ - ١٠) جهاز قياس المواد الصلبه المذابه

الباب الرابع
أنظمة التحكم والحاسبات الآلية

Control Systems and Computers

لا يعلم أحد بالضبط متى كانت بداية استخدام أول عمليات التحكم. ولكن من المؤكد أن المهندسين المصرين القدماء عند بنائهم للاهرامات استخدموا عمليات التحكم فى البناء وذلك منذ ٢٧٠٠ عام قبل الميلاد.

ومن المعتقد أن اكتشاف نظم التحكم صاحب الثورة الصناعية عام ١٧٧٤. تطورت صناعة نظم التحكم فى الفترة من ١٩١٥ - ١٩٧٠ واستخدمت تطبيقات متعددة للغلايات، وأيضا تحولت نظم التحكم من نظم التمثيل البنيوماتك *(Penumatic analog control)* إلى نظم التمثيل الالكترونى *(Electronic analog control)* بينما كان أول تطبيقات التحكم بالحاسب الآلى الرقمى فى أوائل عام ١٩٥٩.

يحقق التصميم الجيد ووجود دوائر تحكم لنظم الاضاءة *(Lighting)* وتكييف الهواء *(HVAC)* وفر فى تكاليف تشغيل المبانى، حيث يحتاج كل من المشغل والمالك إلى حافز تكلفة عالية لموائمة مقاسات نظم تكييف الهواء وفراغات المبانى ومعدات التحكم والظروف المحيطة ويجب أن يتم ذلك بدون التعرض لعاملى الراحة والامان، وسيلة الوصول إلى ذلك استخدام نظم تحكم ادارة الطاقة *EMCS (Energy Management control systems)*

فمثلا، عادة يتم اختيار سعة التبريد وسعة التسخين لأنظمة تكييف الهواء *(HVAC)* طبقا لحمل التصميم. نتيجة تغير عامل أو أكثر من العوامل الخارجية (درجة الحرارة، شدة أشعة الشمس) أو العوامل الداخلية (الاضاءة، الأشخاص) ينخفض الحمل وبالتالى فان سعه نظام التكييف تكون أكبر من السعة اللازمة وينتج عن ذلك أن تصبح الأماكن المكيفة أكثر برودة أو أكثر سخونة. أما إذا أشتمل نظام التكييف على نظام تحكم آلى فان احمال التبريد أو التسخين تتحقق فى كل الأوقات وبأقل استهلاك للطاقه فصل المفاتيح يدويا هو أبسط أنواع أجهزة التحكم ولكن المطلوب هو مدى من أجهزة التحكم الآلية والتى تبدأ من استخدام ساعة زمنية بسيطة *(Clock)* إلى استخدام حاسبات آليه. عموما يفضل فى نظم التحكم أن تكون بسيطة وموثوقا بها بقدر الإمكان. من أنواع أجهزة التحكم : التحكم اليدوى *(manual controls)* والتى يمكن أن يضاف لها مؤقتات *(Timers)*، وأجهزة التحكم المبرمجة *(Programmable controllers)* وأخيرا الحاسبات الآلية *(Computers)*.

تكون أجهزة التحكم المبرمجة ونظم الحاسبات الآلية ذات تكلفة باهظة مقارنه بالطرق التقليدية. تمتاز الحاسبات الآلية بمساعدة مدير الطاقة بالمصنع فى تحليل نظم الطاقه الحالية والمقترحة. وبعض برامج الحاسبات تكون مجهزة لاعطاء اقتراحات على صورة سيناريوهات

لتحليلات الطاقة. أساساً تجهز كل معدة أو جهاز أو ماكينه تستهلك الطاقه بنظام تحكم خاص بها.

يوضح جدول (٤ - ١) الانواع المختلفة لاجهزة التحكم فى نظم الاضاءة، المحركات، التكييف، السخانات.

جدول (٤ - ١) أنواع أجهزة التحكم فى النظم المختلفة

وسيلة التحكم		النظام
On / off wall switches	- مفاتيح يدويه فصل / توصيل	الاضاءة
Panel switches	- خليه مفاتيح	
Timers	- مؤقتات	
Dimmer	- خافض شدة الاضاءة	
Sensing elements	- عناصر حساسة	
On / off switches	- مفاتيح فصل / توصيل	المحركات
Variable speed controls	- أجهزة التحكم لتغيير السرعة	
Thermostats	- ثرموستات	تكييف الهواء
Fan switches	- مفاتيح مروحة	
Night setback controls	- أجهزة التحكم ليلا	
	- عدد من الثرموستات	تكييف الهواء مركزى
Valve controls	- أجهزة التحكم فى الصمامات	
Pump Controls	- أجهزة التحكم فى المضخات	
	- برنامج زمنى مبرمج للوصول إلى حالة التشغيل المثلى لجميع مكونات النظام.	
	- ثرموستات	سخانات التدفئة سخانات المياه
	- أجهزة التحكم فى المضخات.	
	- تحكم فى محرك المروحه.	
Modulating controls	- أجهزة التحكم فى التضمين فى الغلايات	نظم التسخين المركزى
adjustable speed drives	- مديرات السرعة للمضخات	
Variable air volume fans	- مراوح	

أنواع أنظمة التحكم *Types of control systems* :

١ - أجهزة التحكم اليدوية *(Manual Controls)*

* مفاتيح التشغيل.
* خافضات شدة الاضاءة.

٢ - أجهزة التحكم الآلية الأساسية (دائرة مفتوحة)

Basic Automatic Controls (Open loop)

* مؤقتات.
* أجهزة حساسة للضوء *(Photosensors)*.

٣ - أجهزة التحكم الآلية الاساسية (دائرة مغلقه)

Basic Automatic Controls (Closed loop)

* ثرموستات *Thermostat*
* جهاز قياس الرطوبة *Humidistat*
* بلاست خفض شدة الاضاءة مع جهاز لحساسية الضوء *Dimmable Ballast with Phatosenser*

٤ - أجهزة التحكم المبرمجة (دائرة مغلقة أو دائرة مفتوحة)

Programmable controllers (open loop or closed loop)

* مؤقتات الإضاءة (دائرة مفتوحة)
* متحكمات الاضاءة مع أجهزة حساسة (دائرة مغلقة)
* محددات الطلب (دائرة مغلقة) *Demand limiters*
* درجة الحرارة، الضغط، السريان (دائرة مغلقة)

٥ - نظم تحكم ادارة الطاقة *Energy Management computer control systems*

أنظمة التحكم الآلية ـ الدائرة المغلقة

Basic closed loop automatic control systems

(والتى تعرف ايضا بانظمة التحكم بالتغذية الخلفية *Feedback Control systems*).

الفكرة الاساسية لهذا النوع من أنظمة التحكم هو الحفاظ على المتغيرات الفيزيائية مثل درجة الحرارة والضغط والرطوبة والسريان عند قيمة محددة.

ويتكون نظام التحكم من العناصر الآتية :

* العنصر الحساس *(Sensor)*
* المتحكم *(Controller)*

* المشغل *(Actuator)*
* وسيلة التحكم *(Controlled device)*

فمثلا يوضح شكل (٤ - ١) نظام تحكم آلى أولى - دائرة مغلقه حيث يحس العنصر الحساس بدرجة الحرارة ويعطى اشارة للمتحكم، والذى يكون مضبوطا عند نقطه ضبط محددة، والذى بدوره يعمل على فتح أو غلق وسيلة التحكم (الصمام).

تنقسم نظم التحكم إلي :

١ - تحكم ذو موضعين *(Two - position control system)*

* يكون النظام (السخان مثلا) أما فى وضع غلق *(ON)* أو فتح *(Off)*

أو يتم من خلال متمم *(Relay)* نفط تلامسه أما فى وضع اغلاق أو فتح، أو من خلال صمام *(Valve)* والذى يكون فى وضع اغلاق أو فتح.

وعلى ذلك فان هذا النظام يسمح لعنصر التحكم (المحرك أو الصمام مثلا) أن يشغل وضع من موضعين : اغلاق كامل أو فتح كامل للصمام وتشغيل أو إيقاف محرك.

يوضح شكل (٤ - ٢) تمثيل لتحكم ذى موضعين

٢ - نظام تحكم تناسبى *Proportional control system*

أو نظام تحكم التضمين *Modulating control system*

* يحدث التغير عن نقطة الضبط *(Set point)* (تحرك تناسبى فى المشغل *(Actuator)*)
* أو تغير نظام تحكم البنويوماتك (ضغط الهواء).
* أو تستخدم نظم التحكم الكهربائية (بوتنشومتر (عبارة عن مقاومة متغيره))

وهذا النظام يسمح لوسيلة التحكم بالحركة إلى أى موضع والعودة بدون الاحتياج لاتمام الدورة ويوضح شكل (٤ - ٣) نظام تحكم تناسبى.

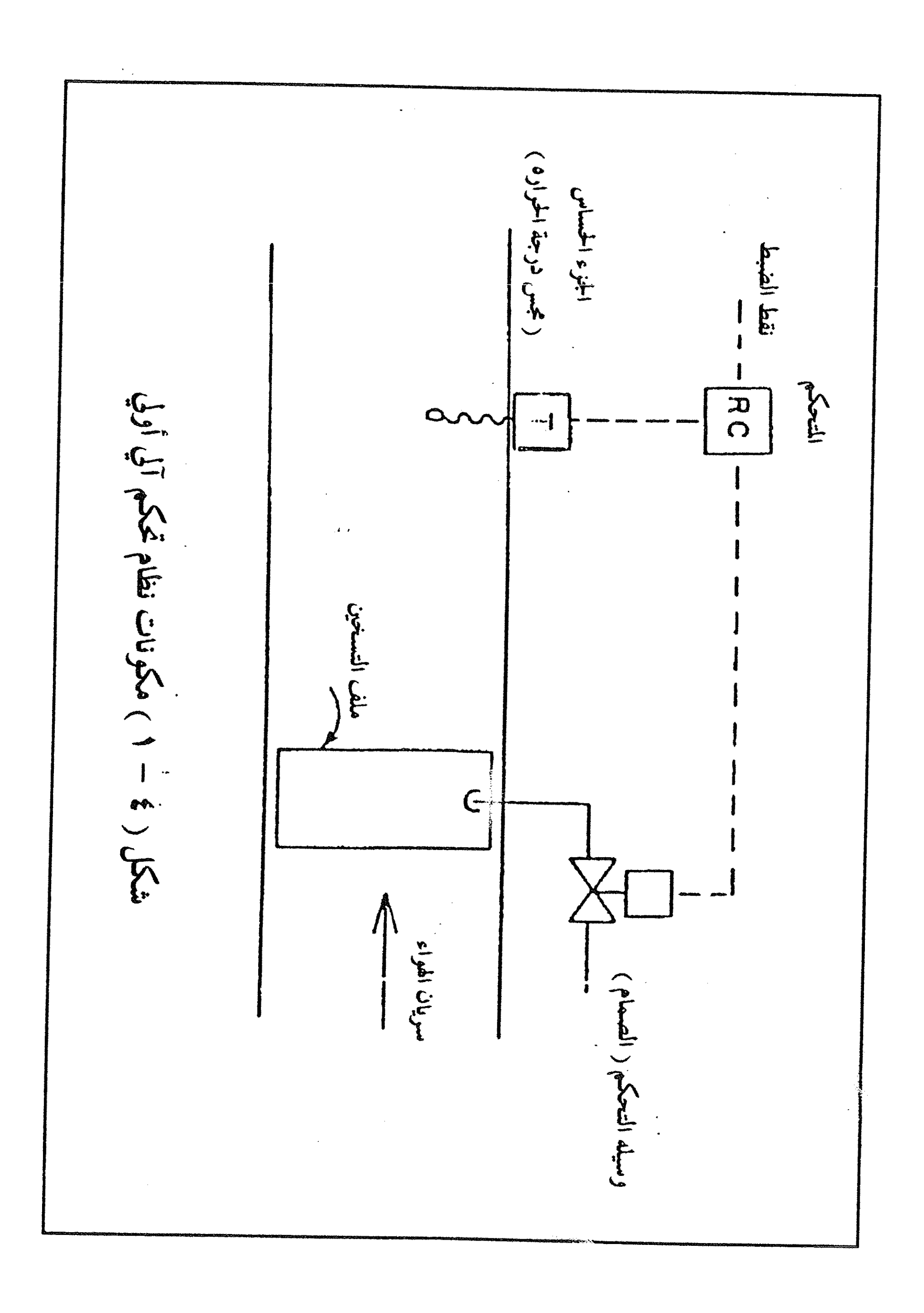
من أنواع نظم التحكم :

أ - متحكم فعل مباشر *(Direct Acting Controller)*

هو المتحكم الذى يحدث زيادة فى مستوى أشارة الجزء الحساس (درجة الحرارة، الضغط) عند زيادة مستوى مخرج المتحكم.

ب - متحكم فعل التضمين *(Modulating Action controller)*.

هو المتحكم الذى يتغير مخرجه بدون حدود لمدى المتحكم.



شكل (٤ – ١) مكونات نظام تحكم آلي أولي

تعريفات لتكنولوجيات التحكم :

١ - نقطه التحكم *(Control Point)*

هى القيمة الفعلية للمتغيرات المتحكم فيها مثل درجة الحرارة أو الرطوبة أو السريان.. والتى يسجلها جهاز التحكم *(The actual value of controlled variable)*

٢ - نقطة الضبط *(Set point)*

هى قيمة وضع المتغيرات المتحكم فيها على مبين التحكم

(The value of the controlled variable that is to be maintained)

٣ - الموازنة *(Offset)*

أو الانحراف *(drift)* أو ازاحة نقطة التحكم *(Control point shift)*

هى الفرق بين نقطة الضبط ونقطة التحكم أو القيمة الفعلية للمتغيرات المتحكم فيها *(The difference between the set point and the control point or the actual value of the controlled variable)*

إذا أطلق على الموازنة الانحراف فانه يعنى الفرق اللحظى بين نقطة الضبط ونقطة التحكم.

٤ - ثغره تفاضليه *(Differential gap)*

(للمتحكم ذو الموضعين *(two - position controller)*

هى عبارة عن الاختلاف بين الوضع الذى يعمل عنده المتحكم والوضع الذى يتغير اليه *(The difference between the setting at which the controller operates at one position and the setting at which it changes to the other position)*

حيث تحتاج جميع المتحكمات ذات الموضعين إلى ثغره تفاضلية للتغلب على الدوران السريع *(hunting or rapid cycling)*

فى الثرموستات، يعبر عن التفاضلية بدرجات الحرارة.

٥ - نطاق هامد *(Dead - Band)*

هو نطاق من القيم يمكن فيه تغيير الاشاره الداخله بدون تغيير الاستجابه الخارجه أو هو النطاق الذى يظل فيه مخرج المتحكم ثابت عند تغير المدخل، ويتغير المخرج فقط استجابه لمدخل خارج حدود المدى التفاضلى.

(The range over which the output of the controller remains constant as the input varies, with the output changing only in response to an input outside the differential range).

٦ – مدى الخنق *(Throttling Range)*

هو كمية التغير المطلوب فى المتغيرات المتحكم فيها ليعمل مشغل وسيلة التحكم من أحد جانبى الخطوة إلى الجانب الآخر.

(The amount of change in the controlled variable required to run the actuator of the controlled device from one end of its stroke to the other end)

إذا كانت القيمة الفعلية للمتغيرات المتحكم فيها فى حدود مدى الخنق للمتحكم فيقال أنها فى مدى التحكم *(in control)*

أما إذا تعدت مدى الخنق فيقال أنها خارج مدى التحكم *(Out of control)*

٧ – الكسب *(Gain)*

هو النسبة بين مخرج ومدخل المتحكم

(The ratio of the output of the controller to the input)

فمثلا يعرف كسب متحكم بنيوماتك درجة الحرارة *(Pneumatic temperature controller)* كالآتى :

$$\text{الكسب} = \frac{\text{مخرج المتحكم (وحدات } K P_a)}{\text{مدى الخنق (وحدات درجة الحرارة)}}$$

تكنولوجيات التحكم *(Control Technologies)*

تنقسم مصادر الطاقة لأنظمة التحكم إلى :

أنظمة كهربائية - أنظمة رقمية - أنظمة تعمل بالهواء المضغوط.

وفيما يلي توضيح تكنولوچيا التحكم لكل نظام :

1 - التحكم بالهواء المضغوط *(Pneumatic control)*

(تحكم بنيوماتك)

يتم التحكم باستخدام هواء مضغوط ذى ضغط منخفض يتراوح بين ١,٠٢ بار و ١,٣٥ بار. يجب أن يكون الهواء المستخدم نظيف وجاف وخالى من الزيوت.

مميزات التحكم بالهواء المضغوط :

أ – بسيط ومفهوم للمصممين ومسئولى الصيانه

ب – موثوق به

جـ غير مكلف

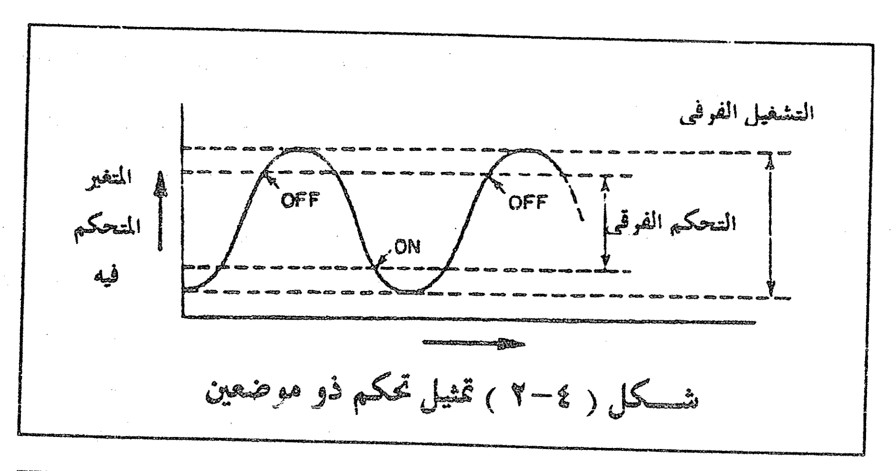
عيوب التحكم بالهواء المضغوط :

أ – غير دقيق.

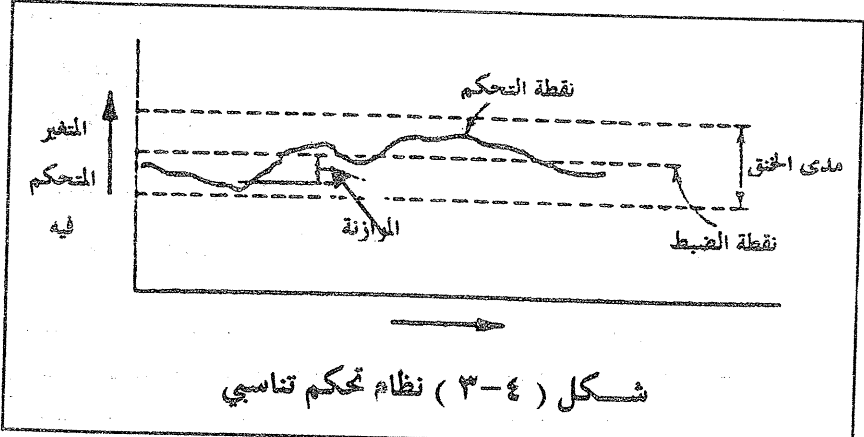
ب – يحتاج معايره دورية للوصول إلى الدقة المطلوبه

جـ – صعوبه تغير طريقة الحساب للتحكم بالهواء المضغوط

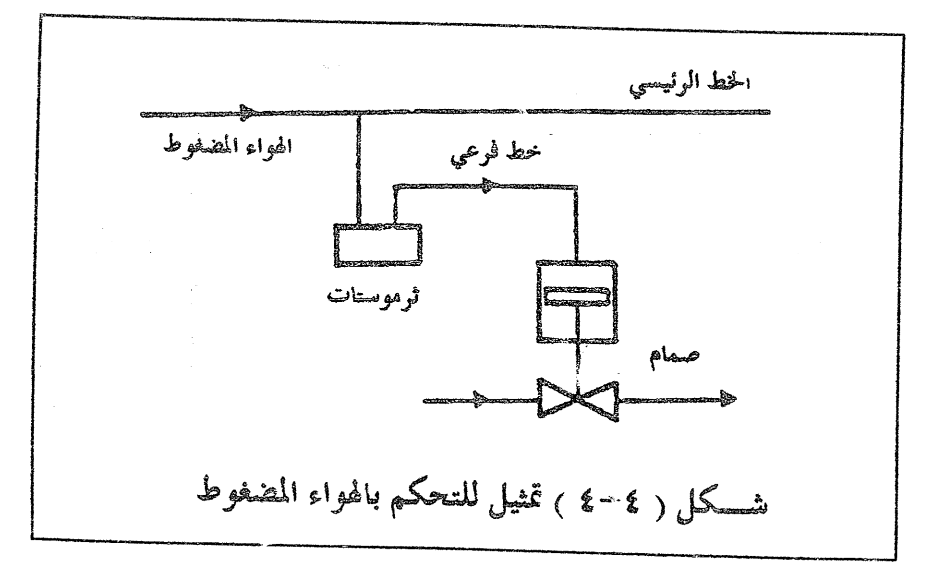
يوضح شكل (٤ – ٤) تمثيل للتحكم بالهواء المضغوط، حيث يمر الهواء من ضاغط الهواء *(Compressor)* خلال الخط الرئيسى إلى الثرموستات *(Thermostat)* عند ضغط ثابت القيمة مقداره ١,٠٢ بار يغذى الثرموستات صمام التحكم بالهواء خلال الخط الفرعى عند ضغط هواء يتناسب مع درجة الحرارة التى سجلها الثرموستات معنى ذلك أن التغير من درجة حرارة الهواء المحيط يؤدى إلى تغير ضغط الهواء المار بالصمام وبالتالى يؤدى إلى فتح أو قفل صمام التحكم.



شـــكل (٤-٢) تمثيل تحكم ذو موضعين



شـــكل (٤-٣) نظام تحكم تناسبي



شـــكل (٤-٤) تمثيل للتحكم بالهواء المضغوط

٢ - **التحكم بالكهرباء** *(Electric control)*

تستخدم دوائر التحكم بالكهرباء لنقل الاشارات بسرعة ودقة من المتحكم إلى وحدة التحكم (محرك، صمام،........).

تستخدم متغيرات (والتى تكون مستمرة) عبارة عن جهد كهربى *(eletrical voltage)* أو تيار كهربى *(electrical current)* لتشغيل نظام التحكم.

مميزات التحكم بالكهرباء :

أ - ذو دقة عالية ومستقر

ب - لا يحتاج إلى معايرة فى الموقع

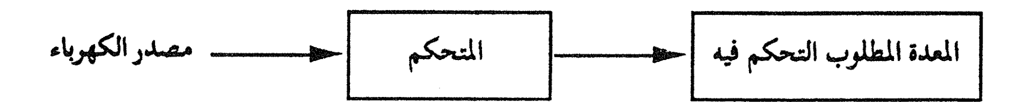
جـ - سهل التطبيق

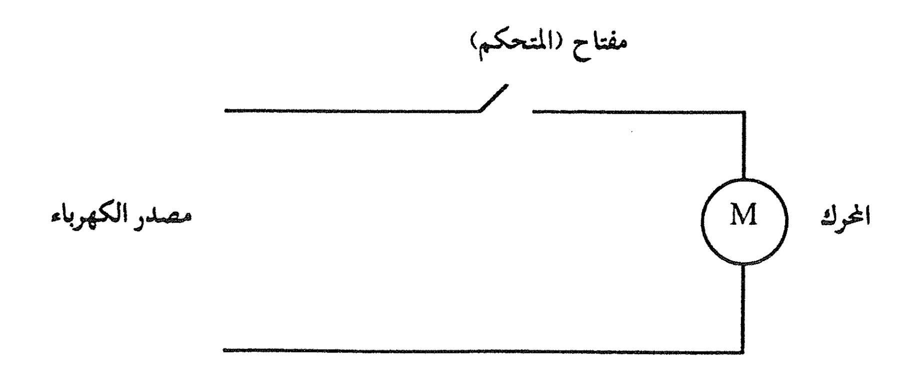
عيوب التحكم بالكهرباء :

أ - غالبا أكثر تكلفة من التحكم بالهواء المضغوط

ب - احيانا غير موثوق به

جـ - صعوبة استبدال بعض الاجزاء نظراً لتعدد نظم التحكم بالكهرباء.





٣ - تحكم رقمي مباشر *(Direct digital control)*

تستخدم النبضات الكهربائية *(electrical pulses)* لارسال الاشارات. يوجد ربط مباشر مع الميكروبروسيسور أو مع ميكروكمبيوتر.

من مميزات التحكم الرقمي المباشر :

أ – مرن، حيث أن الطريقة الحسابية للتحكم تطبق من خلال برنامج *(Software)* بدلا من استخدام أجهزة. يمكن أجراء أى تعديل باستخدام مداخل الكمبيوتر وليس باضافه أو تعديل بعض العناصر.

ب – ذو دقه عالية جدا، لا يحتاج لايه معايره.

جـ – له تكاليف منخفضة نسبيا.

من عيوب التحكم الرقمي المباشر :

أ – غير مفهوم جيدا لكثير من الاشخاص المسئولين عن الصيانه.

ب – اختلاف لغه البرامج ومشاكلها.

العناصر الحساسة *(Sensing elements)*

هى اجزاء محدده من جهاز يتجاوب مباشرة مع قيمه الكميه المقاسه

تصنف العناصر الحساسة إلى ثلاثة أنواع :

أ – عناصر حساسة لدرجة الحرارة *(Temperature sensing elements)*

الثرموستات *(Thermostat)*

هو جهاز للتحكم يستعمل للتشغيل والايقاف دوريا ويكون حساسا لدرجة الحرارة، حيث يؤدى التغير فيها إلى تشغيله أو إيقافه. يستخدم الثرموستات للتحكم فى مستوى درجة حرارة الحيز أو الفراغ أو المنتج المراد تبريده.

من أنواع الثرموستات :

– نوع البصيله، كما فى شكل (٤ – ٥) وهى عبارة عن بصيله مملوءه بمانع يزيد ضغطه زيادة درجة حرارة البصيله فيؤثر على عمل الثرموستات.

– النوع الثنائى المعدن، كما فى شكل (٤ – ٦) والذى يعتمد فى عمله على اختلاف معامل تمدد المعدنين اللذين يتكون منهما العنصر الحساس، فينحنى فى أحد الاتجاهين اعتمادا على زيادة أو انخفاض درجة الحرارة، ويستغل التغير فى شكل العنصر الحساس فى فتح أو غلق نقط التلامس الكهربائية مثلا.

٢ - عناصر حساسه للرطوبة *(Humidity sensing elements)*

هى عبارة عن مواد هيجروسكوبيه تتغير أبعادها مع تغير رطوبه الوسط المحيط بها.

٣ - عناصر حساسة للضغط *(Pressure sensing elements)*

من أمثلة هذه العناصر العنصر الكربونى الضاغط، حيث تعمل زيادة ضغط الهواء على ضغط حبيبات الكربون وخفض المقاومة.

أنظمة التحكم

فيما يلى بعض أنظمة التحكم

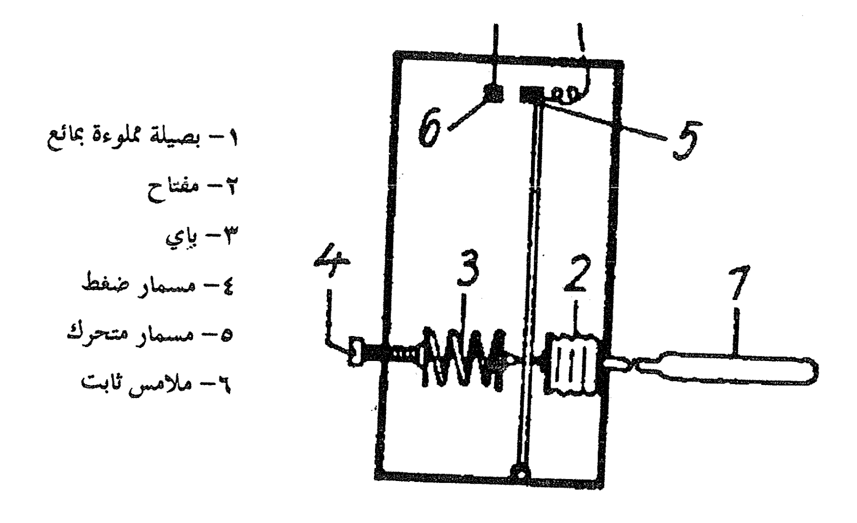
١ - التحكم بعوامه *(Float control)*

تستخدم عوامه تطفو على سطح سائل للتحكم فى منسوب السائل ودفعه إلى خزان ثم يتوزع منه السائل لاغراض مختلفة، تعمل العوامة على تشغيل أو توقف محرك المضخة للحفاظ على منسوب السائل عند قيمة ثابتة.

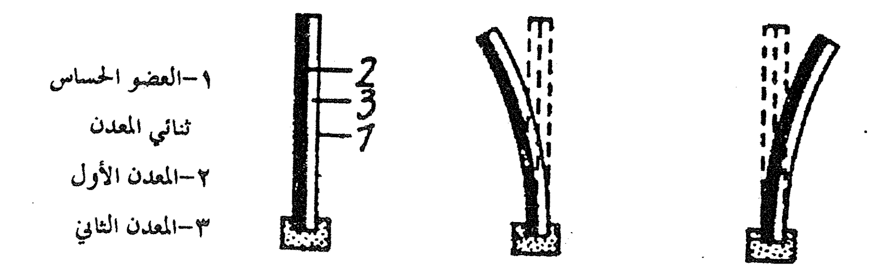
يوضح شكل (٤ - ٧) تمثيل لاستخدام عوامه للتحكم فى منسوب سائل.

٢ - التحكم في السعة *(Capacity control)*

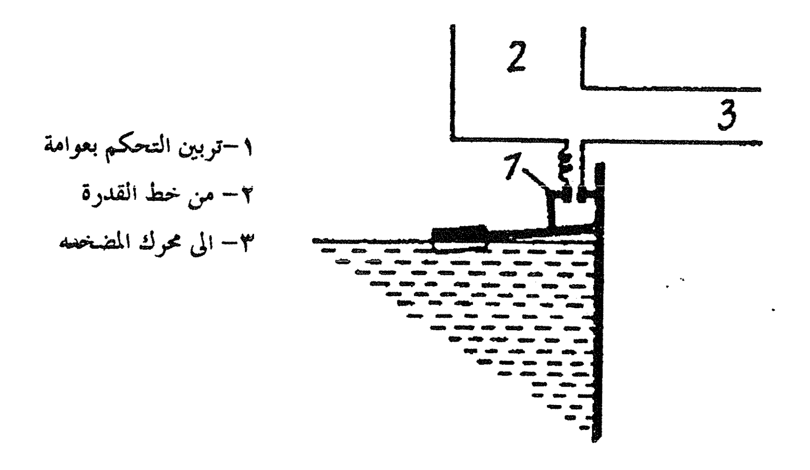
يستخدم للتحكم فى سعه مجموعة التبريد لتحقيق التوزان بينها وبين الحمل. يجب أن تصمم المجموعة بحيث تكون سعتها مساويه لمتوسط الحمل المحتمل (أو أكبر منه قليلا)، وذلك لتكون سعة المجموعة كافيه للاحتفاظ بدرجة الحرارة والرطوبة عند المنسوب المطلوب خلال أقصى تحميل. يوضح شكل (٤ - ٨) تمثيل للتحكم فى سعة مبخر مقسم إلى قطاعين. عند غلق الصمام *(S)*، المركب على خط السائل للقطاع العلوى، فانه يبطل عمل هذا القطاع من المبخر ويستمر تشغيل القطاع السفلى.



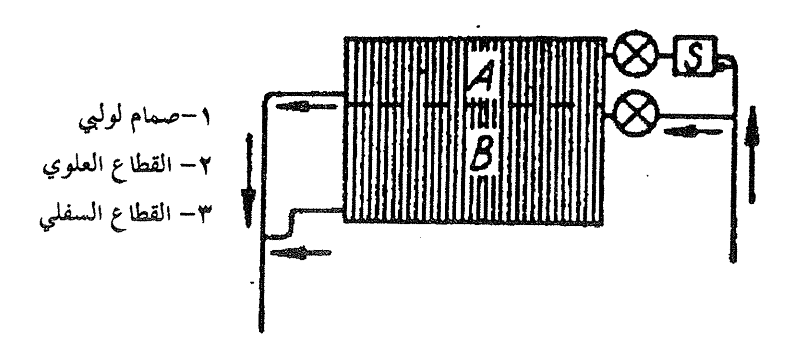
شـــكل (٤ – ٥) ثرموستات من نوع البصيله



شـــكل (٤ – ٦) ثرموستات من النوع ثنائي المعدن



شـــكل (٤ - ٧) التحكم بعوامة



شـــكل (٤ - ٨) التحكم في السعه

الطرق الحسابية للتحكم *Control Algorithms*

من بعض هذه الطرق :

١ – التحكم التناسبى P *(Proportional control)*

فى هذا النوع يتغير مخرج المتحكم تناسبيا مع الخطأ *(error)* وتكون معادلة مخرج النظام كالآتى :

$$O = A + Kp * e$$

حيث :

A : ثابت

e : الخطأ

kp : ثابت الكسب التناسبى *(proportional gain constant)*

ويوضح شكل (٤ – ٩) مسار نقطة التحكم التناسبى

٢ – التحكم التكاملى والتناسبى PI *(Proportional plus Integral control)*

فى هذا النوع يضاف جزء تكامل لمعادلة مخرج التحكم وعندئذ تكون معادلة المخرج كالآتى :

$$O = A + (Kp * e) + (Ki * \int edt)$$

حيث

ki = ثابت كسب التكامل *(Integral gain constant)*

ويوضح شكل (٤ – ١٠) مسار نقطة التحكم

٣ – التحكم الاشتقاقى والتكاملى والتناسبى PID

(Proportional plus Integral plus Derivative control)

فى هذا النوع تم اضافه جزء تفاضل لمعادلة مخرج المتحكم.

وتصبح معادلة مخرج النظام كالآتى :

$$O = A + (Kp*e) + (Ki * \int edt) + (Kd * \frac{de}{dt})$$

حيث

Kd = ثابت كسب التفاضل *(Derivative gain constant)*

ويوضح شكل (٤ - ١١) مسار نقطة التحكم.

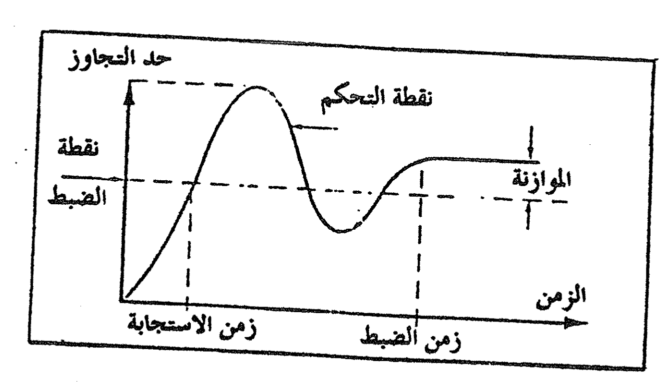
يوضح شكل(٤ - ١٢) مقارنه بين خصائص نظم التحكم الثلاثة *P, PI, PID* بالاضافة إلى خصائص نظام لا يحتوى على تحكم ويلاحظ من هذا الشكل أن :

* يعطى التحكم *P* موازنة مستقرة *(Steady - state off set)* dc_{SS}
* تقل دورة الموزانة للتحكم *PID* عن التحكم *PI*
* أفضل استجابه للتحكم *PID*
* يعتبر التحكم *PI* أكثر نظم التحكم شيوعا فى التطبيقات الصناعية

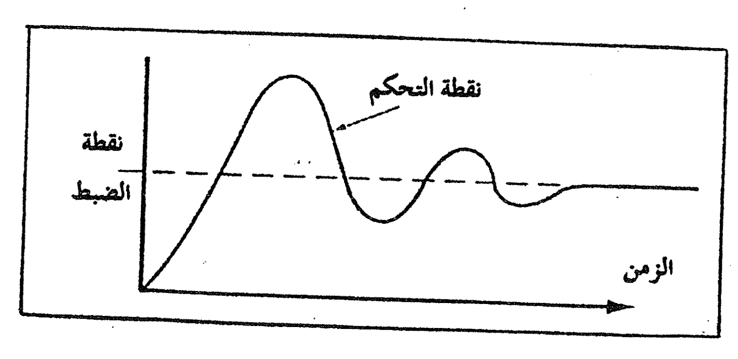
توجد طرق متعددة لضبط موالفه *(Tune)* المتحكمات، من هذه الطرق :

- طريقة الدورة القصوى *(Ultimate cycle method)*.

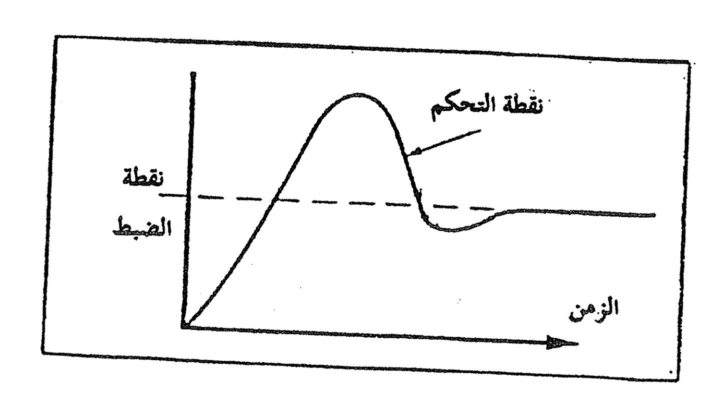
عند عمل المتحكم الآلى فان الكسب K_c يزيد ببطء حتى يحدث تذبذب *(Oscillate)* للمتغير المقاس. عندئذ يعرف الكسب بأنه اقصى كسب *(Ultimate gain)* ويرمز له بالرموز K_u ويقابله دوره ذبذبه قصوى p_u كما فى شكل (٤ - ١٣).



شـــكل (٤-٩) تمثيل معادلة التحكم التناسبي

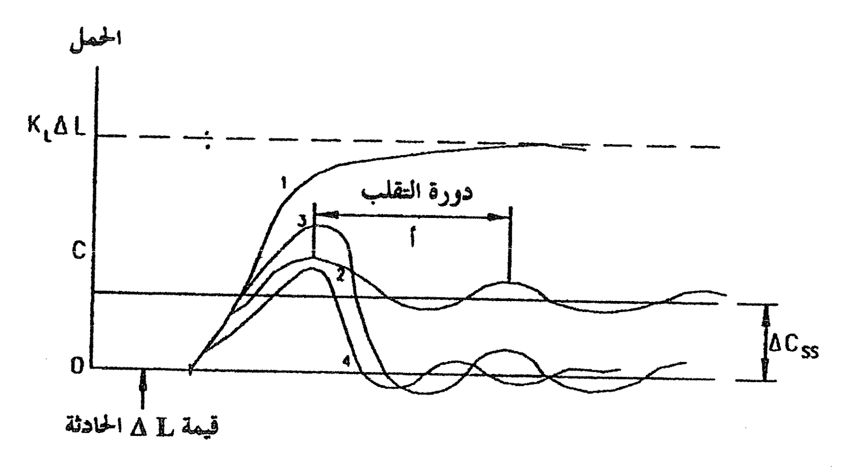


شـــكل (٤-١٠) تمثيل معادلة التحكم المتكامل والتناسبي

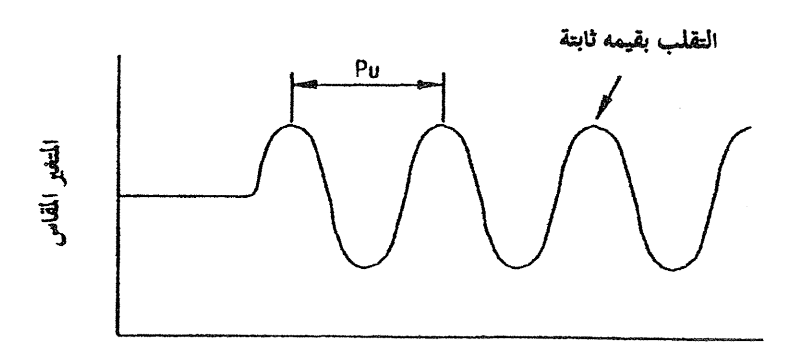


شـــكل (٤-١١) تمثيل معادلة التحكم الاشتقاقي والتكاملي و التناسبي

(ادارة طلب الطاقه - ٢)



شـــكل (٤-١٢) تغير الحمل



شـــكل (٤-١٣) الدورة القصوى

تكون ثوابت التوليف للمتحكمات كما فى جدول (٤ – ٢)

جدول (٤ - ٢)

نوع المتحكم	الثــوابت
متحكم P	$kc = 0.5\ ku$
متحكم PI	$kc = 0.45\ ku$ $I = p_u / 1.2\ (min)$
متحكم PID	$kc = 0.6\ ku$ $I = p_u / 2\ (min)$ $D = p_u / 8\ (min)$

التحكم بالتغذية الخلفية *(Feed back control)*

تتلخص الاستراتيچية التقليدية للتحكم بالتغذية الخلفية فى مقارنه قيم المتغيرات المقاسة مع القيم المرغوبه لهذه المتغيرات، إذا وجد اختلاف بين القيمتين فيتم ضبط مخرج المتحكم للوصول بقيمة الخطأ للقيمه صفر.

تكون دالة التحويل *(Transfer function)* (أو تحول لا بلاس *Laplace transfrom*) للمتحكم المثالى هى

$$G_c (S) = k_c (1 + 1/I_s + D_s)$$

بينما تكون دالة التحويل لاغلب المتحكمات التجارية الشائعة هى :

$$G_c (S) = K_c (1 + 1/I_s) (D_s + 1 / BD_s + 1)$$

حيث

B = ثابت أقل كثيرا من الواحد الصحيح، تكون القيمة النموذجية فى الحدود من ٠,٠١ إلى ٠,١.

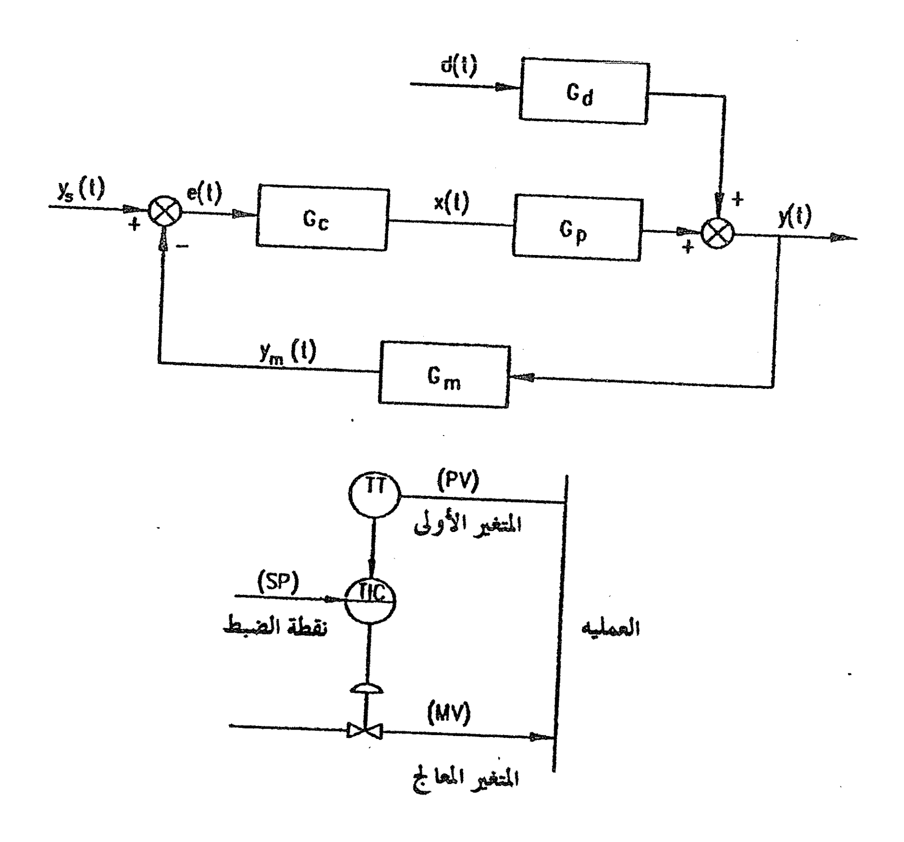
k_c= الكسب التناسبى *(Proportional gain)*

I = قيمة اعادة الضبط *(reset)*

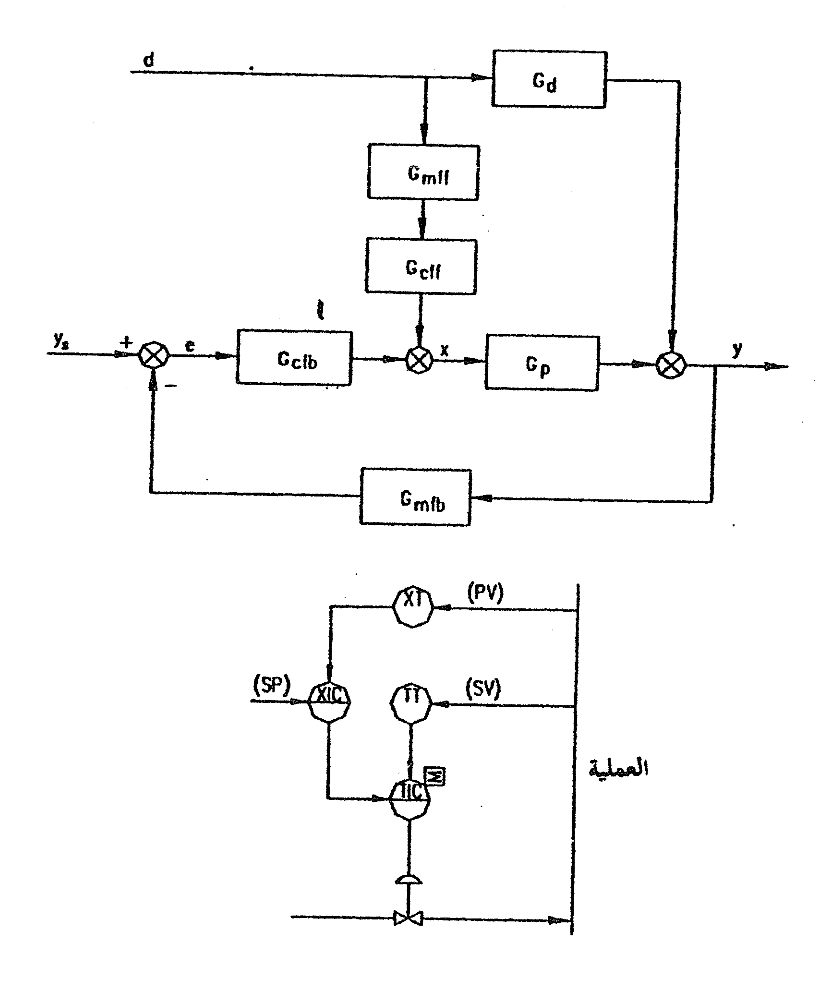
D = المعدل *(rate)*

يوضح شكل (٤ – ١٤) تمثيل للتحكم بالتغذية الخلفية الاحادية *(Single Feedback)*

يوضح شكل (٤ – ١٥) تمثيل للتحكم بالتغذية الخلفية والامامية *(Feed Forword & Feedback)*


d(t)
Gd
ys (t)
e(t)
Gc
x(t)
Gp
y(t)
+
-
+
+
ym (t)
Gm
TT
(PV)
المتغير الأولى
(SP)
TIC
نقطة الضبط
العمليه
(MV)
المتغير المعالج

شـــكل (٤-١٤)



شـــكل (٤-١٥) تغذيـــة خلفيه وأمامية

صمامات التحكم *(Control Valves)*

توجد أنواع متعددة من الصمامات والتى تستخدم للتحكم فى معدلات سريان المياه والبخار وموائع التبريد.

تتصف العلاقة بين نسبه المشوار الكامل للصمام *(Percent of full stroke)* ونسبه السريان الكامل *(Percent of full flow)* عند هبوط ثابت فى الضغط بما يلى :

* الخطية *(Linearity)*
* الفتح السريع *(Quick Opening)*
* النسبة المتساوية *(Equal percentage)*

يوضح شكل (٤ – ١٦) هذه الخصائص الثلاث.

بعض أنواع الصمامات :

١ – صمام تحكم في السائل *(Liquid control valve)*

يستخدم هذا النوع فى مجموعات التبريد، حيث يركب على جانب الضغط العالى أو جانب الضغط المنخفض، كذلك يستعمل مع الصمام ذى العوامة للتحكم فى دخول السائل إلى المبخر أو المبرد عن طريق خط متحكم. يتم التحكم فى السائل داخل صمام التحكم عن طريق مكبس يؤثر عليه ضغط السائل ضد ياى، فيفتح ساق الصمام للسماح بمرور السائل إلى المبخر أو المبرد أو يقوم المكبس بغلق ساق الصمام فيتحول السائل عن طريق فتحه تسريب فى الصمام.

يوضح شكل (٤ – ١٧) صمام تحكم فى السائل / ضغط عالى.

٢ – الصمام ذو العوامة *(Float Valve)*

هو صمام تمدد مزود بعوامه وظيفته تنظيم مرور وسط التبريد السائل من جانب الضغط العالى إلى جانب الضغط المنخفض فى مجموعة التبريد.

٣ – صمام ذو عوامه لجانب الضغط المنخفض *(Low side float valve)*

يستخدم فى مجموعات التبريد، وهو عبارة عن صمام تمدد مزود بعوامه، يتم التحكم فيه عن طريق التغير فى منسوب السائل بجانب الضغط المنخفض. يوضح شكل (٤ – ١٨) رسم تخطيطى لصمام ذى عوامه بجانب الضغط المنخفض تتحكم العوامة فى منسوب مجمع السائل.

٤ - صمام ذو عوامة لجانب الضغط العالى *(High pressure float valve)*

يستخدم هذا الصمام كمنظم لوسط التبريد بين المكثف والمبخر فى مجموعات التبريد حيث تتعرض العوامه لضغط التكثيف.

يوضح شكل (٤ - ١٩) مكونات صمام ذو عوامه لجانب الضغط العالى.

٥ - صمام تصريف الضغط *(Pressure relief valve)*

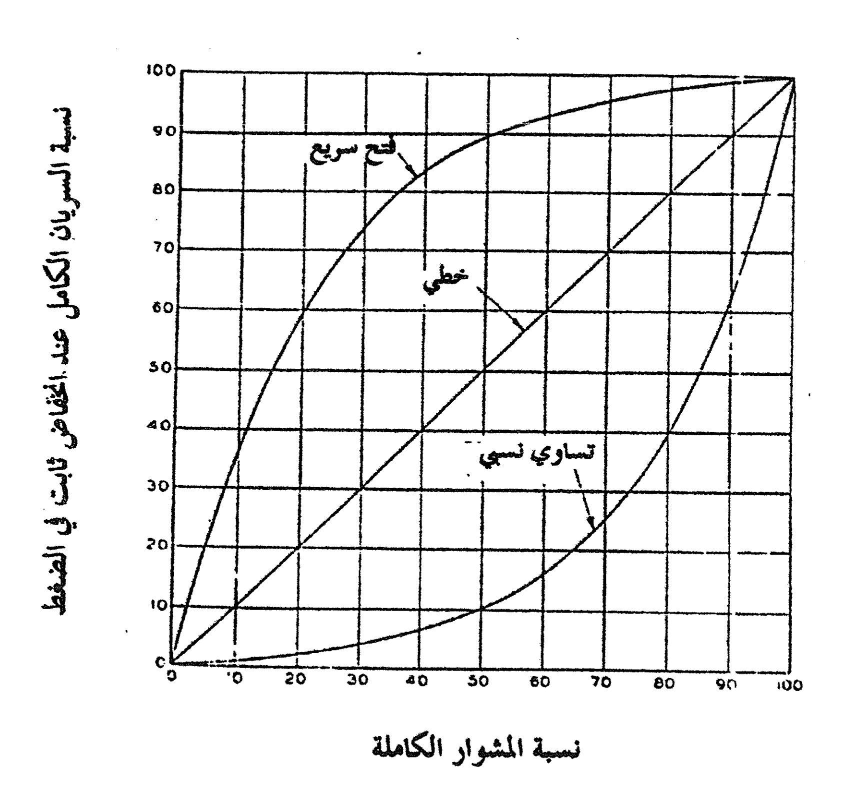
يركب هذا النوع كوسيلة أمان فى مجموعة التبريد عند نقطه مختاره، يفتح الصمام آليا لتصريف الضغط الزائد. يستعمل هذا النوع عادة فى جانب الضغط العالى بمجموعة التبريد.

يوضح شكل (٤ - ٢٠) رسم توضيحى لصمام تصريف الضغط.

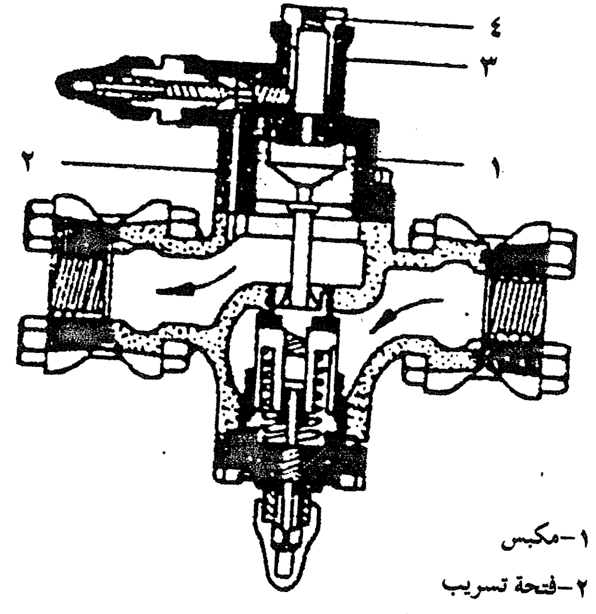
٦ - صمام ذو ملف لولبى *(Solenoid valve)*

عبارة عن صمام يفتح ويغلق عن طريق الفعل المغناطيسى لملف كهربائى ملفوف على قلب معدنى قابل للتحرك ومتصل اتصالا مباشرا بالصمام ذاته.

يوضح شكل (٤ - ٢١) أ & (٤ - ٢١) ب نوعين من هذا الصمام.

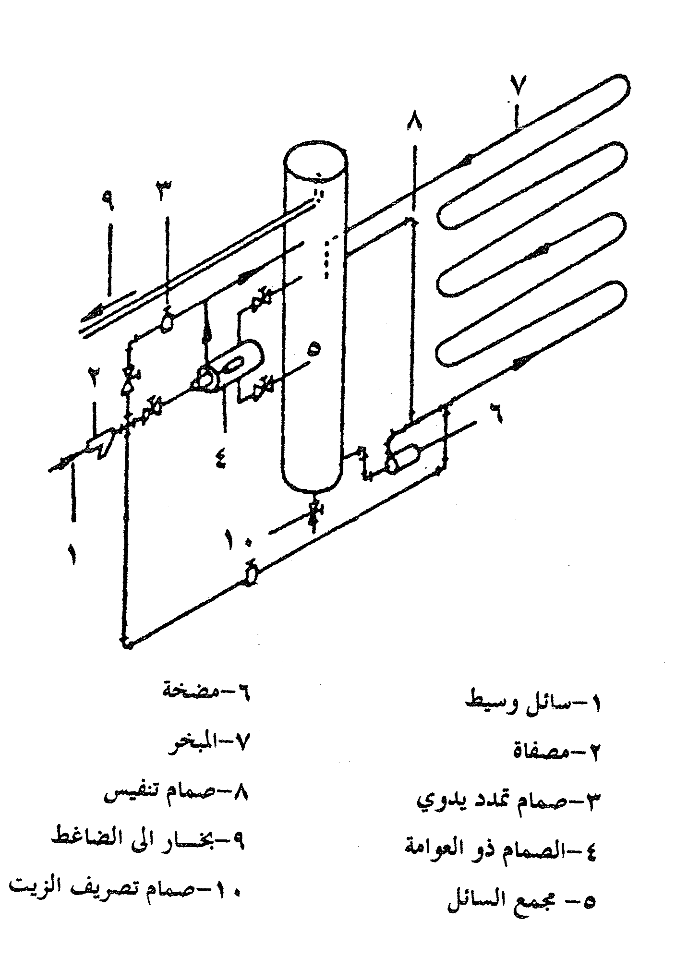


شـــكل (٤-١٦) العلاقة بين نسبة مشوار الصمام ونسبة السريان



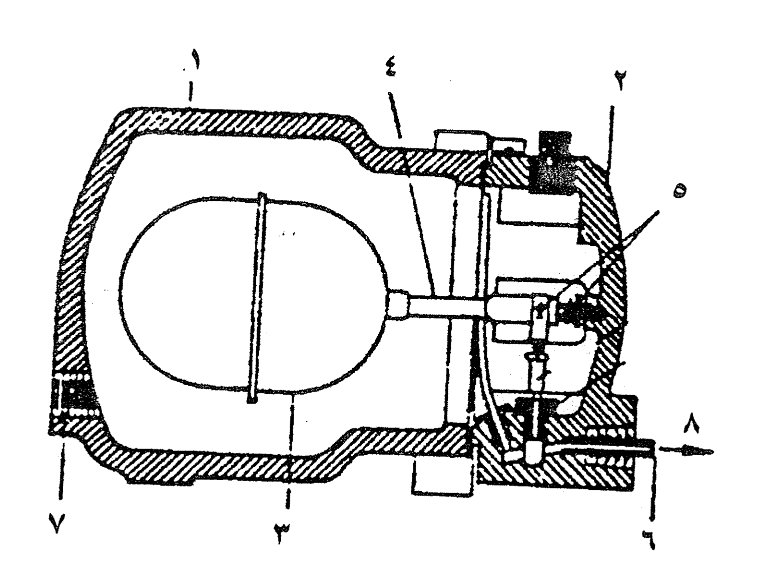
١-مكبس
٢-فتحة تسريب
٣-وصلة الخط المتحكم
٤- وصلة خط المتحكم

شـــكل (٤-١٧)صمام تحكم في السائل للضغط العالي



١-سائل وسيط
٢-مصفاة
٣-صمام تمدد يدوي
٤-الصمام ذو العوامة
٥- مجمع السائل
٦-مضخة
٧-المبخر
٨-صمام تنفيس
٩-بخار الى الضاغط
١٠-صمام تصريف الزيت

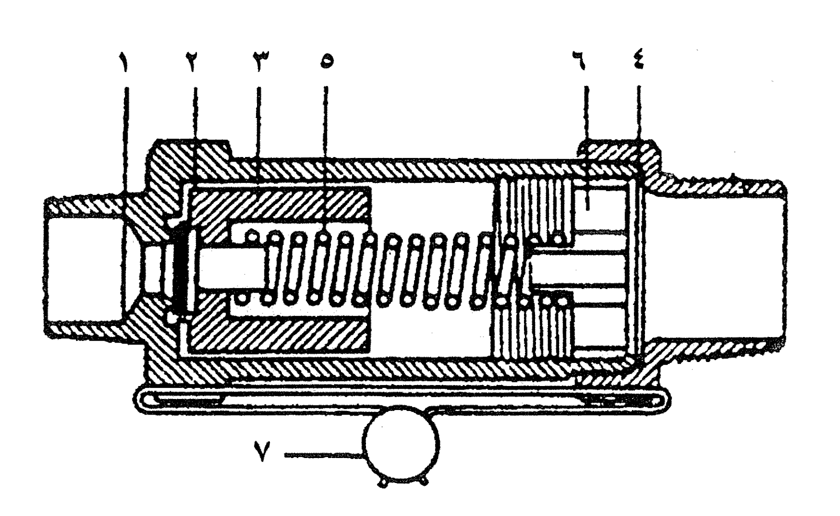
شكل (٤-١٨)رسم خطي لصمام عوامة لجانب الضغط المنخفض



١-جسم الصمام
٢-رأس الصمام
٣-كرة العوامة
٤-ذراع العوامة

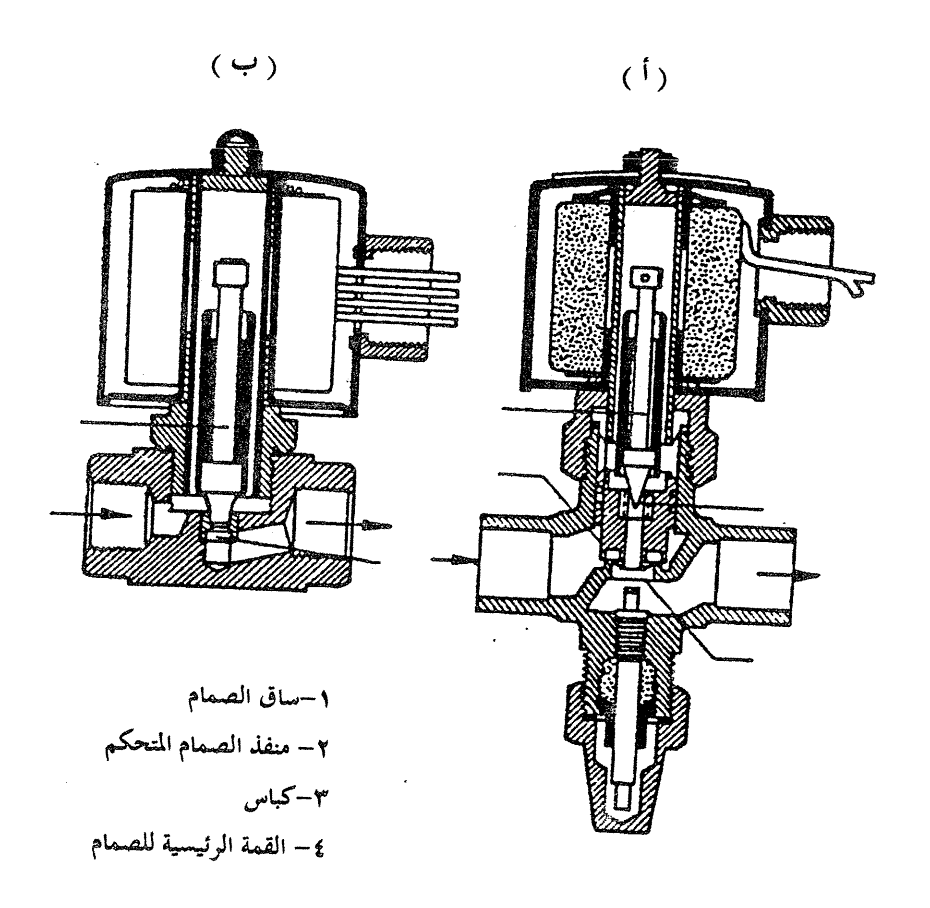
٥-محور ارتكاز
٦-مسار التصريف
٧-مدخل
٨-مخرج

شـــكل (٤-١٩) مكونات صمام بعوامة لجانب الضغط العالي



١-جسم الصمام	٥-ياي
٢-قرص المقعد	٦-مصد الياي
٣-ماسك القرص	٧-ختم لمنع التلاعب في
٤-جوان	ضبط الصمام

شـــكل (٤-٢٠) مكونات صمام تصريف الضغط



شـــكل (٤-٢١) أ - نظام مشغل ذي ملف لولبي
ب - صمام ذو الفعل المباشر

نظم تحكم ادارة الطاقه *EMCS (Energy Management Control Systems)*

تعرف ادارة الطاقة بانها التحكم فى اجهزة استهلاك الطاقه بغرض تقليل الاستهلاك وتقليل طلب الطاقه *(Energy Demand)*

فى البداية استخدمت أجهزة كهربائية مفصلية يدوية لوضع القفل *(ON)* أو الفتح *(OFF)* كتحكم.

ثم استخدمت الاجهزة الميكانيكية مثل الساعات الزمنية للتشغيل الآلى للمفاتيح المفصليه والثرموستات ذى المعدن المزدوج للتحكم فى مخرج أجهزة التبريد والتسخين لنظم التحكم بالهواء المضغوط ولنظم نقل اشارة الكهرباء.

ادى ظهور أجهزة التحكم الالكترونية مع التطور السريع لميكروبروسيسور الحاسبات الشخصية إلى تقدم مثير فى ادارة الطاقة والذى اطلق عليه نظم تحكم ادارة الطاقه *(EMCS)*.

التحكم الرقمى المباشر *DCC (Direct Digital Control)*

يعرف *DCC* بانه حاسب آلى رقمى *(Digital Computer)* يقيس متغيرات خاصة تستخدم كبيانات خلال عمليات الحسابات المستخدمة للتحكم، وللتحكم فى المخارج، وللحصول على نقطة الضبط *(Set point)* أو لوضعىَ القفل / الفتح للمخارج.

تكون مداخل ومخارج التحكم الرقمى المباشر أما رقمية *(digital)* أو قياسية *(analog)*، عموما تكون أغلب المداخل عبارة عن اشارات مقاسه تحول إلى اشارات رقمية بواسطة الحاسب بينما تكون أغلب المخارج عبارة عن اشارات رقمية (صفر أو القيمة الكلية للجهد). فى أنظمة *DDC* تستخدم برامج *(Software)* لبرمجه الميكروبوسيسور، وعلى ذلك فانها تمتاز بمرونه عالية جدا لتطبيقات نظم التحكم والتعديلات المطلوبة.

باستخدام أنظمة *DDC* يمكن التحكم فى نظم التكييف والاضاءة وادارة الطاقه من حيث الحد الاقصى لطلب الطاقة، أفضل زمن تشغيل / ايقاف...

تمتاز نظم *DDC* بالآتى :

أ – القدرة على عمل جدول زمنى للمعدات ومكونات الاجهزة لإمكانيه تغيير حاله الاستخدام والحالة المحيطة.

ب – اضافة نماذج نظم التحكم تؤدى إلى تحكم سريع وأكثر دقه.

وظائف أنظمة DDC

من وظائف أنظمة DDC

- ادارة الطلب على الطاقة أو تحديد الاحتياج إلى الطاقه عند زمن محدد
- ادارة الفترة الزمنية التى فيها تستهلك الطاقه
- اعداد اشارات الانذار عند حدوث تشغيل خاطئ للأجهزة أو حدوث عطل بالاجهزة
- تسهيل مراقبة عمل نظام *HVAC* ومراقبه وظائف النظم الأخرى
- مساعدة المشغل لادارة وتنظيم صيانه المعدات
- تحديد الوظائف غير القياسيه للمبانى للوصول لنظام *EMCS* أكثر فاعلية

مكونات أنظمة DDC

يتكون النظام كما في شكل (٤ - ٢٢) من :

* محول تمثيلى / رقمى
* محول رقمى / تمثيلى
* وحدة الاتصال المتعدد
* ميكرو كمبيوتر

وفيما يلى تعريف لكل مكون.

١ - محول تمثيلى / رقمى *A / D (Analog to Digital converter)*

يتم فيه تحويل الكميات الطبيعية مثل الجهد أو التيار إلى قيم رقمية، فمثلا يتم تقسيم موجه الجهد إلى عينات *(Samples)* على فترات متساوية بقيم محددة بموجه الجهد وتحول هذه القيم إلى اعداد ثنائية *(Binary number)* والنتيجة الحصول على أعداد ثنائية ذات دقة عالية لتعريف نقط التقسيم على موجه الجهد.

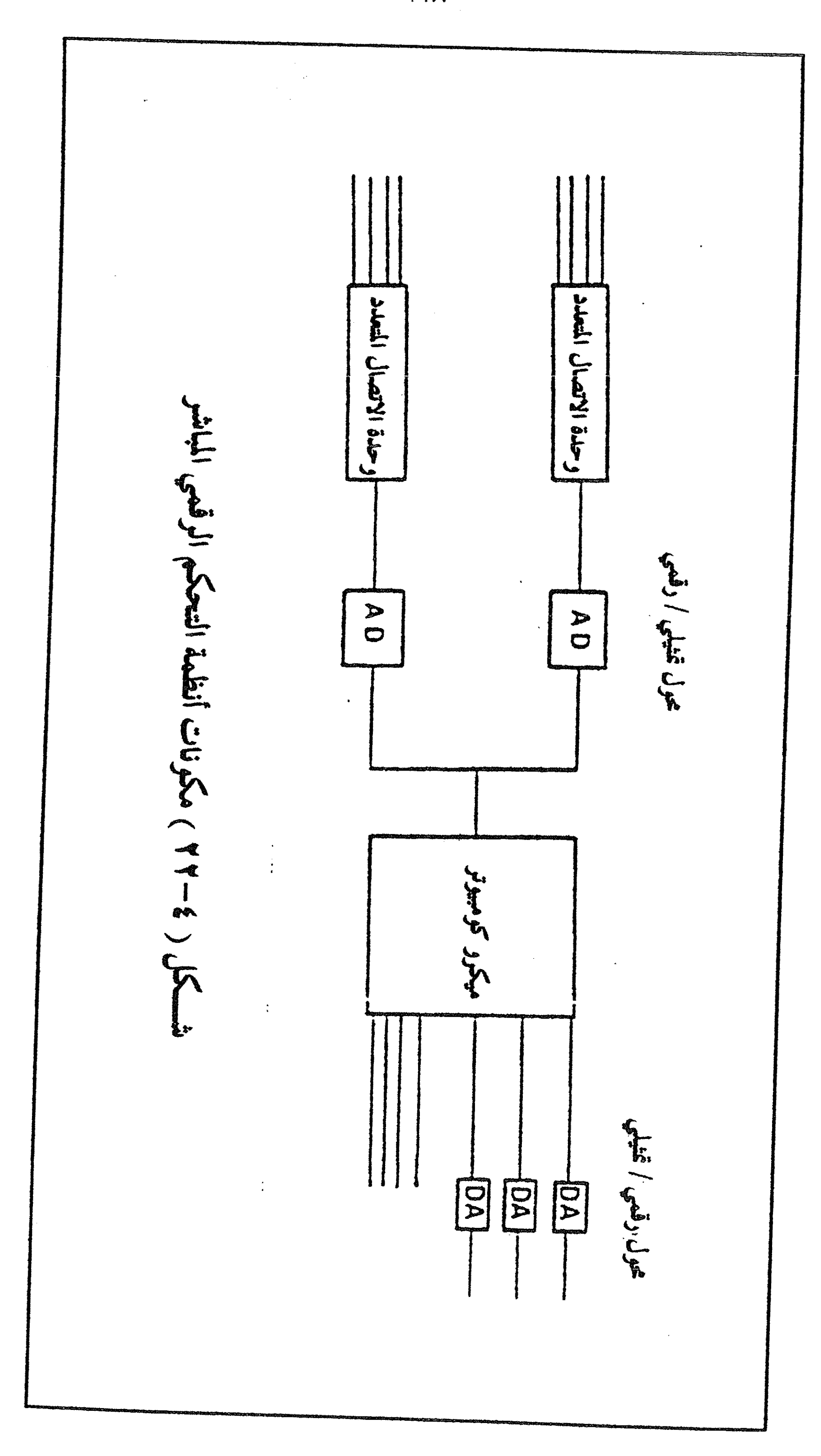
٢ - محول رقمي / تمثيلى *D / A (Digital to Analog converter)*

يتم تحويل الاشارة الرقمية إلى اشارة تمثيلية (جهد أو تيار).

٣ - وحدة الاتصال المتعدد *(Multiplexer)*

تكون هذه الوحدة مسئولة عن اختيار اشارة واحدة من اشارات قنوات المدخل *(Input channel)* ونقلها إلى قناه المخرج *(Output channel)* ويمكن أن تكون وحدة الاتصال المتعدد من النوع التمثيلى أو من النوع الرقمى.

تكون وحدة الاتصال المتعدد التمثيلى عبارة عن مجموعة من المفاتيح التمثيلية



شكل (٤-٢٢) مكونات أنظمة التحكم الرقمي المباشر

(Analog Switches) يتم التحكم فيها عن طريق قنوات إختيار منطقية *(Logic)*

٤ - ميكروكمبيوتر *(Micro computer)*

هو وحدة المعالجة الحاسبه.

يوضح شكل (٤ - ٢٣) تمثيل لنظام التحكم الرقمى المباشر واشكال اشارة المدخل واشارة العينة.

البرامج الروتينية :

تجهز ادارة الطاقه ببرامج روتينيه لتحقيق الزمن القياسى والذى يستخدم كنقطة بداية لاظهار البرنامج الفعلى المؤثر. وتستخدم هذه البرامج فعلا فى أنشاء نظم *EMCS* والتى يجب أن تكون فى كل مبنى.

فيما يلى عرض لبعض هذه البرامج الروتينية.

١ - الجدول اليومى *Daily Scheduling*

هذا البرنامج يجهز جداول ايقاف وتشغيل، منفصلة أو مجمعه، لكل معدة أو جهاز لجميع أيام الاسبوع.

٢ - برنامج الاجازة *Holiday programming*

يحدد فى هذا البرنامج أيام الاجازات حتى يتم العزل (الفصل) الكامل فى هذه الايام.

٣ - الجدول السنوى *Yearly Scheduling*

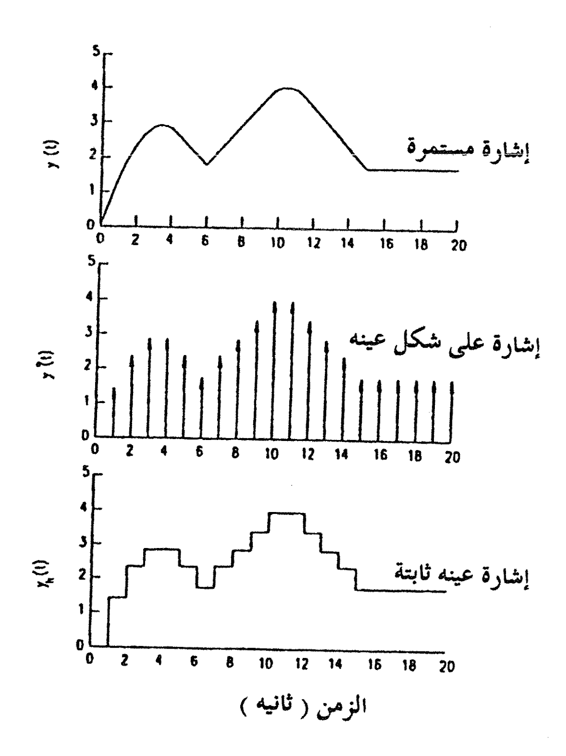
تنظم جميع البرامج الروتينية فى جدول سنوى.

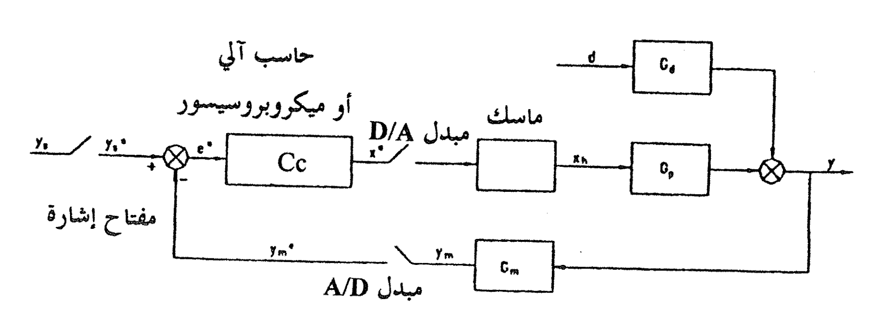
٤ - تحديد الطلب أو طرح الحمل *(Demard Limiting or load shedding)*

طرح الاحمال الكهربائية لفترة زمنية محددة تمنع تعدى الاحمال قيمة الذورة. فى هذا البرنامج تسمح نقطة التحكم بطرح بعض الاحمال الكهربائية. من نقطة التحكم الاخرى : مقنن *KW*، أقل زمن طرح حمل، أقصى زمن طرح حمل، أقل زمن بين عملتى طرح الحمل.

٥ - أقل زمن فصل / أقل زمن توصيل *Minimum ON - Minimum OFF times*

عادة يتم فصل / توصيل المعدات تبعا لدرجة الحرارة، البرامج الزمنية، دورة التشغيل، حد الطلب والمتغيرات الاخرى للبيئة.


إشارة مستمرة
إشارة على شكل عينه
إشارة عينه ثابتة
الزمن (ثانيه)


حاسب آلي
أو ميكروبروسيسور
مبدل D/A
ماسك
Cc
مفتاح إشارة
مبدل A/D

شكل (٤-٢٣)

يحدد للمعدات الميكانيكية اقل زمن تجهز فيه المعدة قبل عملية اعادة التشغيل أو أقل زمن يجب أن تظل فيه المعدة معزوله وعلى ذلك فان هذا البرنامج يعطى للمشغل القدرة على تحديد أقل زمن تشغيل لكل معدة مطلوب التحكم فيها.

٦ – دورة التشغيل *(Duty cycling)*

فصل المعدات لدورات زمنية قصيرة محددة وذلك خلال ساعات التشغيل العادية.

٧ – التشغيل / التوقف المثالي *(Optimum Start / Stop)*

يضبط برنامج تشغيل المعدات على درجة حرارة الحيز، درجة حرارة الجو المحيط، الرطوبه.

٨ – التوقف الليلى / اليومى *(Day / Night setback)* :

يسمح هذا البرنامج بتخفيض نقطة ضبط تسخين الحيز أو تزويد نقطة ضبط تبريد الحيز خلال ساعات عدم الاشغال ليلا، وفى نهاية الاسبوع وفى الاجازات. عادة يستخدم هذا البرنامج لتقدير درجة الحرارة الخارجية فى العمليات الحسابية.

٩ – استعادة المياه الساخنه *(Hot Water Reset)*

هذا البرنامج يغير درجة حرارة المياه الساخنه فى مسار مغلق، مثلا تقل درجة حرارة المياه تبعا للمطلوب فى المبانى.

١٠ – الغلاية المثالية *(Boiler Optimization)*

فى حالة وجود عدد من الغلايات فان هذا البرنامج ينظم تشغيل الغلايات للحصول على أقصى كفاءة وذلك بالتحكم فى حرق الولاعات *(Burner firing)* وتقليل الاحمال الجزئية.

١١ – استعادة درجة حرارة المياه المبردة *(Chilled Water Temperature Reset)*

تزود درجة حرارة التفريغ *(Discharge water temperature)* للمبرد خلال فترات عدم الاحتياج للتبريد الكلى.

١٢ – استعادة درجة حرارة مياه المكثف *(Condenser Water Temperature Reset)*

تخفض درجة حرارة مياه التبريد للمكثف خلال الفترات التى يكون فيها الهواء الخارجى له المقدرة على التبريد الاضافى. مثلا يمكن تشغيل مراوح ابراج التبريد *(Cooling tower)* للحصول على فائدة عاليه من البخر خلال فترات معينة من اليوم أو فى المواسم.

١٣ – حد طلب المبرد *(Chiller Demand Limiting)*

تقلل الأحمال الكهربائية للمبرد فى فترات معينة للوصول إلى أقصى حمل *KW* للمبرد محدد مسبقا.

١٤ – مراقبة الغلايه عن بعد *(Remote Boiler Monitoring and Supervision)*

توضع عناصر حساسه *(Sensors)* داخل الغلاية نحصل منها على مداخل لنظم ادارة الطاقه *(EMS)* لإمكانية التحكم المركزى فى اشارات الانذار، متغيرات التشغيل الحرجة، فصل الغلايات عن بعد.

١٥ – ادارة الصيانه *(Maintenance Management)*

يجهز البرنامج جدول زمنى لصيانه المصنع، المعدات الكهربائية والميكانيكية اعتمادا على المتغيرات الطبيعية والزمن الميلادى.

١٦ – ادارة التحكم في الامان / الحريق *(Fire / Security Management control)*

باضافة عناصر حساسة ضد الحريق يمكن عن طريق نظم ادارة الطاقه الكشف عن العطل وعزله.

١٧ – تقارير ومراقبة اشارات الانذار *(Alarm Monitoring and Reporting)*

يسجل ويعرض البرنامج اشارات الانذار فى الحالات مثل : انهيار المعدات، ارتفاع درجة الحرارة، انخفاض درجة الحرارة، مشاكل فى وسائل الاتصالات.

١٨ – التحكم في الاضاءة *(Lighting Control)*

تفصل وتشغل الاضاءة تبعا لبرنامج زمنى.

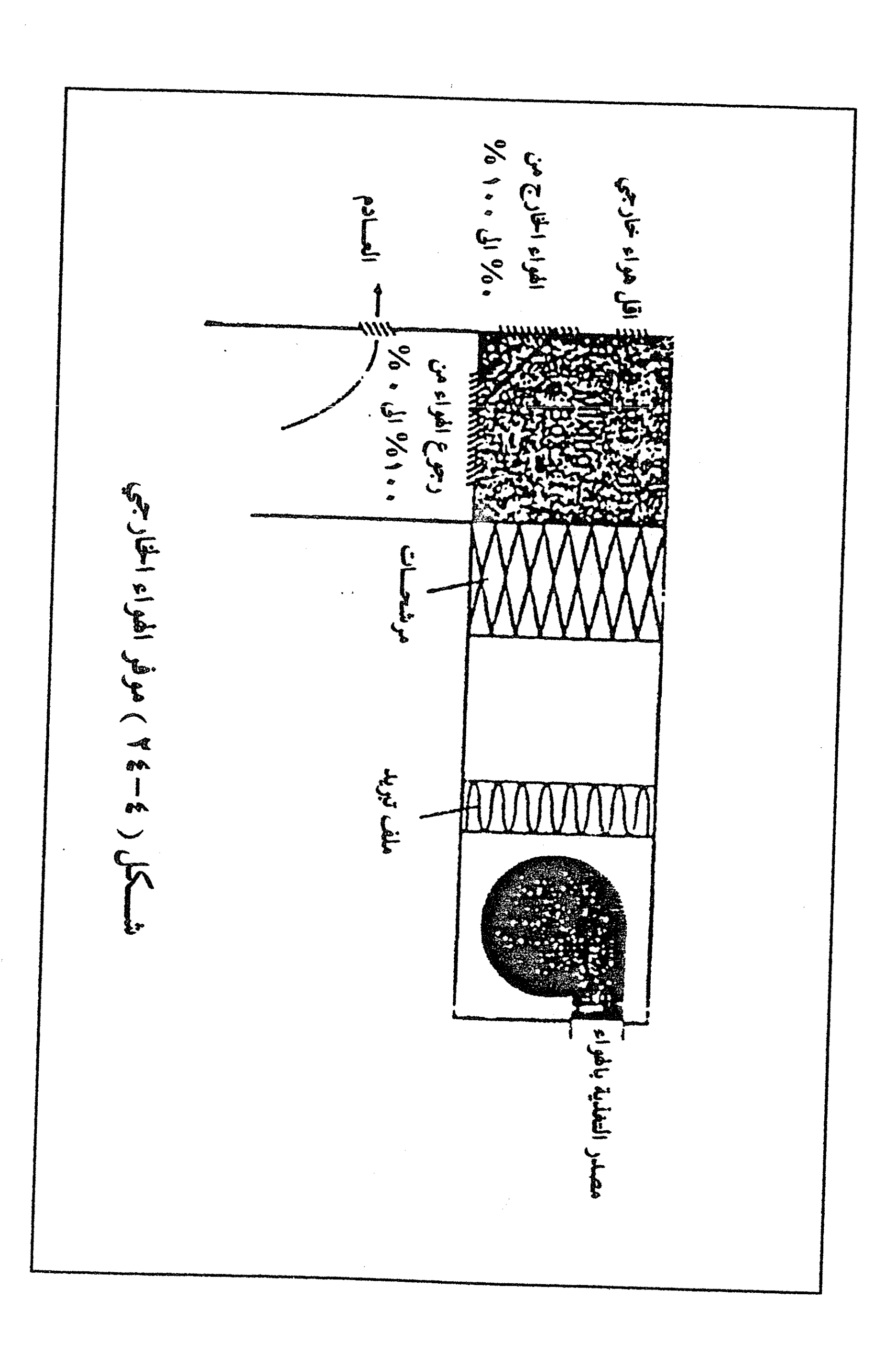
١٩ – موفر الانثالبيا *(Enthalpy Economizer)*

فى المناطق الرطبه يفضل التحكم فى معدل سريان الهواء الخارجى بدلالة أنثالبيا الهواء الخارجى وانثالبيا الهواء الراجع.

٢٠ – موفر الهواء الخارجى *(Outside Air Ecomomizer)*

يستخدم الهواء الخارجى عندما تكون درجة حرارة الهواء الخارجى الجاف أقل من درجة حرارة الهواء المخلوط المطلوب للمبانى.

يوضح شكل (٤ – ٢٤) موفر الهواء الخارجى.



شكل (٤-٣٤) موفر الهواء الخارجي

تطبيقات :

أ - نظم التحكم فى الضغط ودرجة حرارة الافران

Temperature and Pressure Control Systems

يؤدى تحسين التحكم فى درجة حرارة الفرن أو القمين إلى تقليل هدر الطاقة وتحسين الانتاج. من أبسط طرق التحكم فى درجة الحرارة، اضافة مزدوج حرارى *(Thermocouple)* بحائط الفرن أو القمين، متصل بجهاز بيان يوضح قراءة قريبة من درجة حرارة حائط الفرن. يحتوى هذا الجهاز على نقط تلامس قابلة للضبط تكون مسئولة عن توصيل الكهرباء إلى دائرة الصمام المفتوح وذلك عند انخفاض درجة حرارة القمين إلى نقطة التحكم. تفتح نقط التلامس ويغلق الصمام عندما تصل إلى درجة حرارة التحكم.

للتغلب على ارتشاح الهواء خارج الفرن، أو تسرب غازات الاحتراق خلال حوائط الفرن، تجهز الأفران الكبيرة بنظام تحكم آلى للضغط، إذا تم تفريغ غازات العادم خلال ماسورة اعتمادا على الجاذبية فيمكن التحكم فى السريان باضافة منظم خانق *(damper)* فى ماسورة العادم. يمكن تشغيل المنظم من خلال اشارة تحكم للضغط.

ب - ادارة أحمال طلب الطاقة للأفران الكهربائية

Demand - Side Load Management for Electric Furnaces

يمكن بإدارة أحمال طلب الطاقة للأفران الكهربائية أن يقل أقصى طلب *(Peak demand)* وأيضا الاستهلاكات.

أحد طرق ادارة الأحمال تستلزم تركيب نظام تحكم لتسجيل أقصى طلب والتغيرات الحادثة فى الحمل.

مثلا، مصنع لانتاج الصلب يحتوى على أفران القوس الكهربى التى تستخدم الخردة، القدرة التعاقدية ٤٧ ميجاوات، المطلوب نظام تحكم لعدم تعدى القدرة المستهلكة عن القدرة التعاقدية.

يركب جهاز تحكم *(Controller)* تكون مسئولياته كالآتي :

١ – تسجيل ومراقبة أقصى طلب للقدرة الكهربائية.
٢ – التحكم فى نقط تقسيم *(Taps)* المحول (عدد ٥ خطوات) لعدد ٢ فرن القوس الكهربى.
٣ – ارتفاع أقطاب الفرنين وصدور صوت انذار فى حالة ضياع إشارة نبضة *(Pulse signal)* عدادات الطاقة.

٤ - ألا يتعرض لمرحلتى الإنصهار *(meltdown)* والتنقية *(refine)*.

وتتغلب على أقصى طلب للقدرة الكهربائية، فان كل ساعة تشغيل تقسم إلى ثلاثة أجزاء كل منها ٢٠ دقيقة.

يتم اتباع الآتى خلال كل جزء تشغيل :

١ - الفترة من صفر إلى ٢٠ دقيقة.

تظل الأحمال المفصولة قبل هذه الفترة كما هى، ولا تفصل أية أحمال أخرى أو تقلل خلال هذه الفترة.

٢ - الفترة من ٢٠ إلى ٤٠ دقيقة.

اذا كشف جهاز التحكم أن قيمة أقصى قدرة يمكن أن تتعدى قيمة الضبط، فيتم تغيير خطوة محول (أو محولى) تنظيم الفرن وذلك لتقليل القدرة.

٣ - الفترة من ٤٠ إلى ٦٠ دقيقة.

ترتفع أقطاب الفرن أو الفرنين لطرح الحمل *(Shed load)* إذا توقع جهاز التحكم أن قيمة ضبط *(set point)* القدرة مازالت أكبر.

يستخدم حاسب قدرة استراتيجية *(Last on / First off)* وذلك للتغلب على فصل الحمل أثناء دورة التنقية.

يكون تتابع استراتيجية تقليل القدرة *(Power reduction)* كالآتى :

١ - قلل الأحمال، ماعدا خلال دورة التنقية، إلى أقل خطوة للمحول.

٢ - اطرح الأحمال *(Shedding)*، ماعدا خلال دورة التنقية.

٣ - قلل الأحمال خلال دورة التنقية، بالتغير إلى أقصى خطوة للمحول.

٤ - قلل الأحمال خلال دورة التنقية، إلى أقل خطوة للمحول.

٥ - اطرح الأحمال خلال دورة التنقية.

بينما تكون استراتيجية زيادة القدرة *(Power increase)* كالآتى :

١ - تعاد الأحمال خلال دورة التنقية، ويكون وضع الخطوة مماثل للحالة عند حدوث طرح الأحمال.

٢ - تزود الأحمال خلال دورة التنقية، إلى أقصى خطوة للمحول.

٣ - تعاد الأحمال، فى غير دورة التنقية، وضع الخطوة مماثل للحالة عند حدوث طرح الأحمال.

٤ – زيادة الأحمال، فى غير دورة التنقية، إلى أقصى خطوة للمحول.

إستخدام جهاز التحكم فى القدرة *(Demand Controller)* لهذا المصنع أدى إلى :

أ – ارتفاع عامل الحمل *(Load factor)* من ٧٥٪ إلى ٩٢٪.

ب – انخفاض زمن التسخين.

جـ – انخفاض زمن أقصى طلب إلى ٥٠٪.

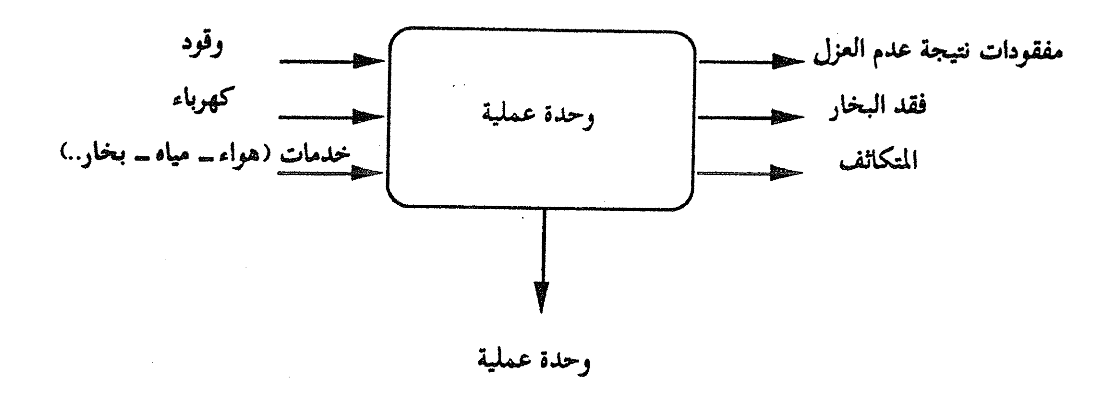
وتكون فترة الاسترداد *(payback)* أقل من سنة واحدة.

الباب الخامس
العمليات الصناعية

Industrial processes

لاجراء برنامج ادارة طلب الطاقه بأية منشآة صناعية، يجب تنفيذ خطوات مسح الطاقة *(energy audit)* بدقة ونجاح. احد خطوات عملية المسح هى تتبع مراحل العملية الصناعية للمنشأة، أى خطوات انتاج المنتج. بمعرفة العمليات الصناعية يمكن تحديد أنواع مصادر التغذية المختلفة (كهرباء ـ بخار ـ مياه) كذلك أنواع المفقودات (حرارة ـ مياه)، يوضح شكل (٥ – ١) تمثيل لوحدة عملية والتى توضح أنواع المداخل والمخارج لها.

بعد تحديد مراحل أو خطوات العملية الصناعية لمنشأة يسجل عليها مصادر التغذية والمفقودات والمسترجع.



شكل (٥ – ١) تمثيل لوحدة عمليه

فى هذا الباب سنعرض بعض الأمثلة للعمليات الصناعية للاسترشاد بها عند إجراء مسح الطاقة. هذه الصناعات هى :

١ – صناعة الغزل والنسيج والملابس الجاهزة.

٢ – صناعة البطاريات السائلة.

٣ – صناعة الجلود (الصناعية / الطبيعيه).

٤ – تشكيل المعادن.

٥ – صناعة الالواح الاكريليك.
٦ – صناعة البانيوهات الاكريليك.
٧ – صناعة الورق.
٨ – صناعة الأدوات الصحية وبلاط الحوائط والارضيات.
٩ – صناعة منتجات البلاستيك.
١٠ – صناعة الخشب.
١١ – صناعة الغازات الصناعية.
١٢ – صناعة المواد الكيميائية.
١٣ – صناعة المواد الغذائية.

وفيما يلى عرض للعمليات الصناعيه لكل صناعه.

١- صناعة الغزل والنسيج والملابس الجاهزة :

١ - ١ - صناعة الغزل *(Spinning)* :

توجد أنواع متعددة من الغزل مثل القطن *(Cotton)*، أكريلك *(Acrylic)* وبوليستر *(Polyester)*.

مثلا نحصل على غزل القطن *(Cotton spinning)* من تحويل خيوط أو الياف القطن *(Fibers)* إلى غزل *(Yarn)*. حيث يتم تجهيز أولى لالياف القطن ثم تغزل وتلف على بكرات مناسبة.

ويوضح شكل (٥ – ٢) تمثيل لمراحل انتاج غزل القطن.

ويوضح شكل (٥ – ٣) تمثيل مراحل انتاج غزل متشابك وغزل غير متشابك

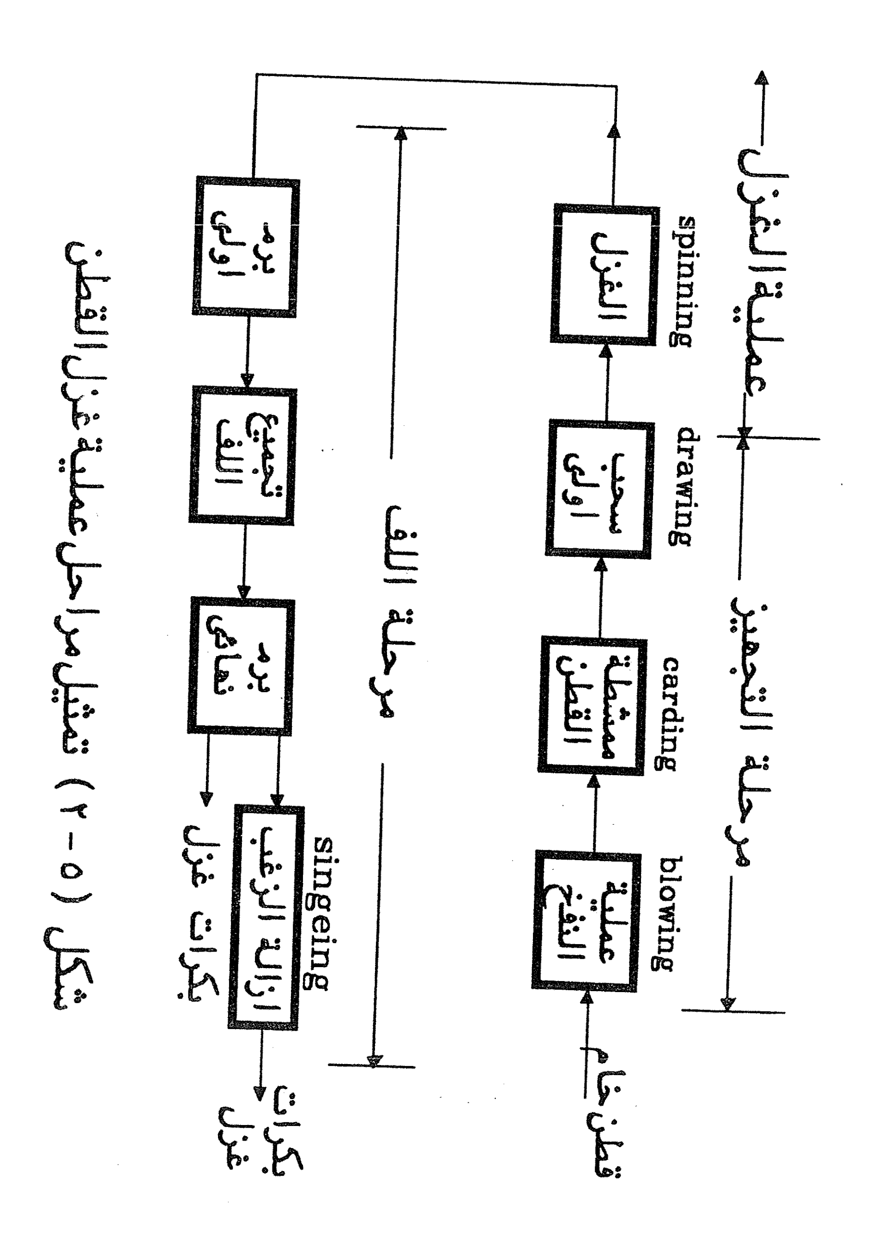
(Tangle / Non tangle yarn production line)

يوضح شكل (٥ – ٤) تمثيل خطوات غزل الصوف.

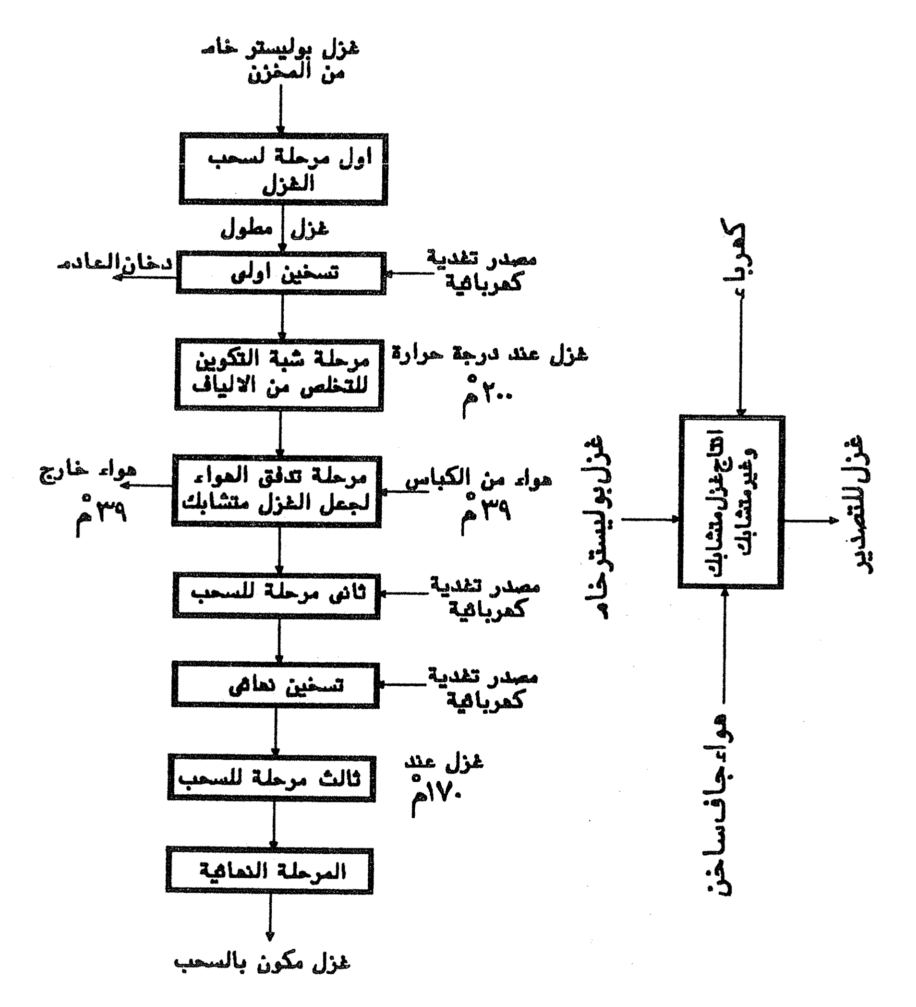
٢ - ١ - صناعة النسيج *(Weaving)* :

يلف الغزل، قطن أو أكريك أو بوليستر، على بكرات *(Pulleys)* خاصة بماكينات النسيج، يتم مرور أول طرف الغزل فى مساره السليم بماكينة النسيج وحتى يلضم فى الابره *(needle)* وتحتوى الماكينة على لوح بلاتينى *(Platinnum sheet)* عندها يتم النسج.

يجمع النسيج من الماكينة على درم اسطوانى *(Cylindrical drum)* ليأخذ شكل لفه *(roll)* توجد مقاسات مختلفة للفات النسيج تبدأ من ٨" وحتى ٣٢"

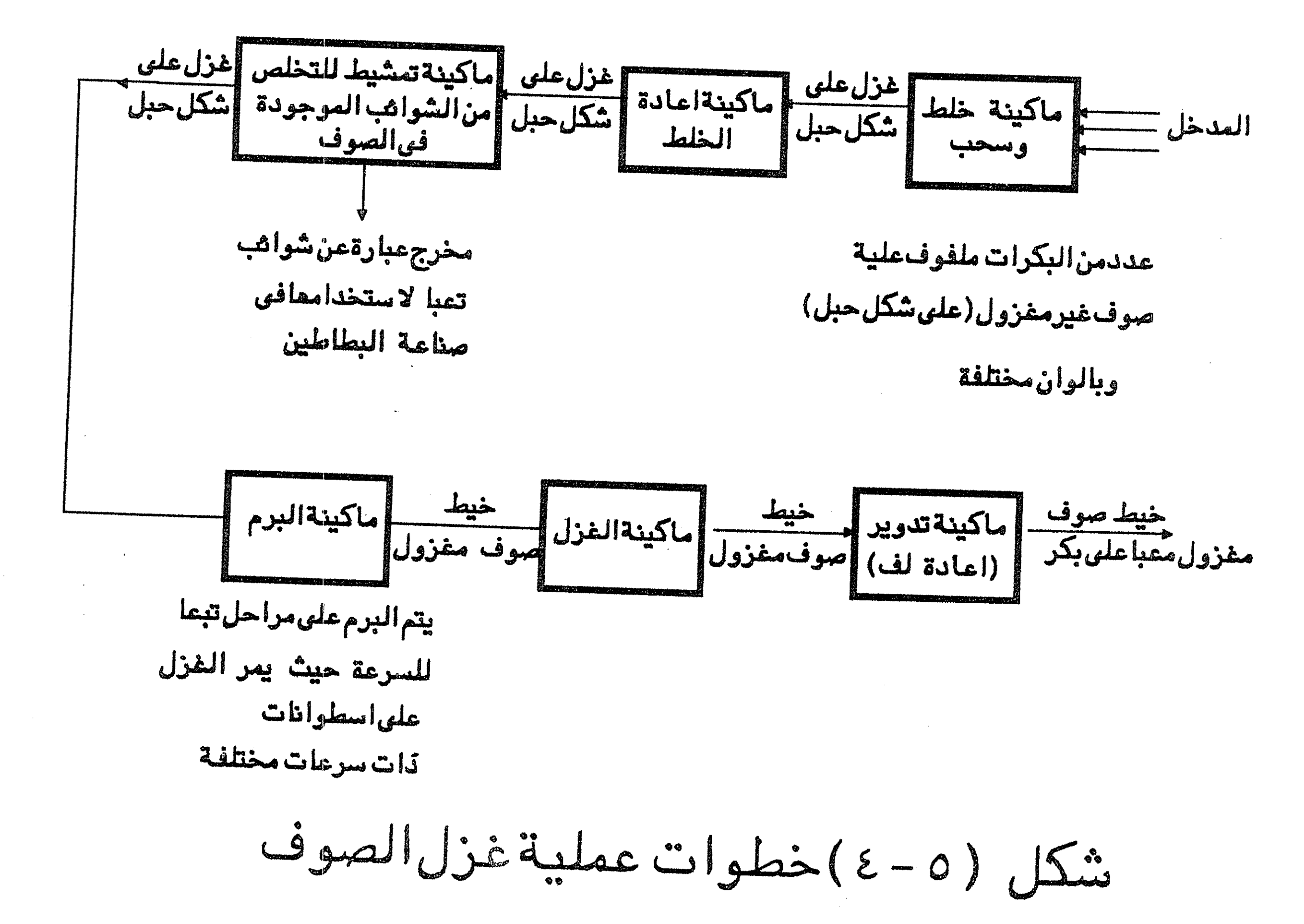


شكل (٥-٢) تمثيل مراحل عملية غزل القطن



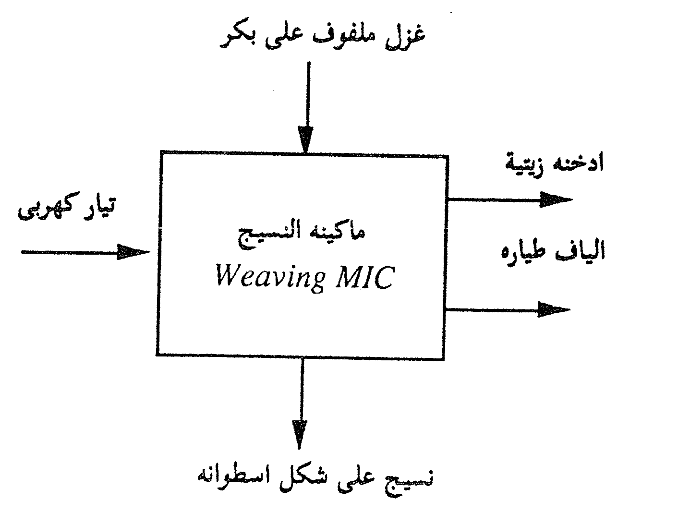
شكل (٥-٣) تمثيل مراحل انتاج غزل متشابك وغزل غير متشابك

(ادارة طلب الطاقه - ٢)



شكل (٥-٤) خطوات عملية غزل الصوف

نتيجة تشحيم الابره فانه يمكن حدوث خروج أدخنة زيتيه *(oil fumes)* من الماكينة.
كذلك اثناء النسيج تخرج الياف طيارة.
يوضح شكل (٥ – ٥) تمثيل مداخل ومخارج ماكينة النسيج.

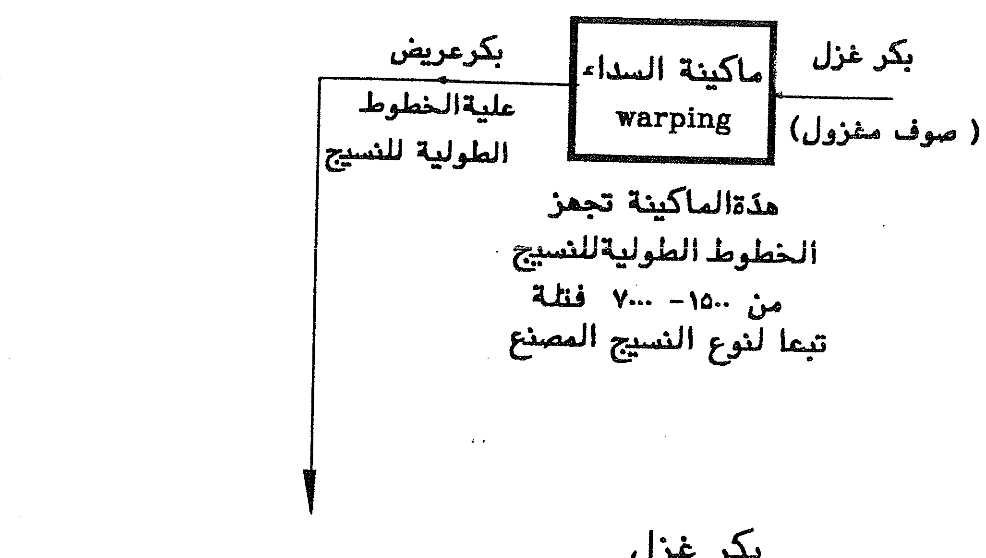


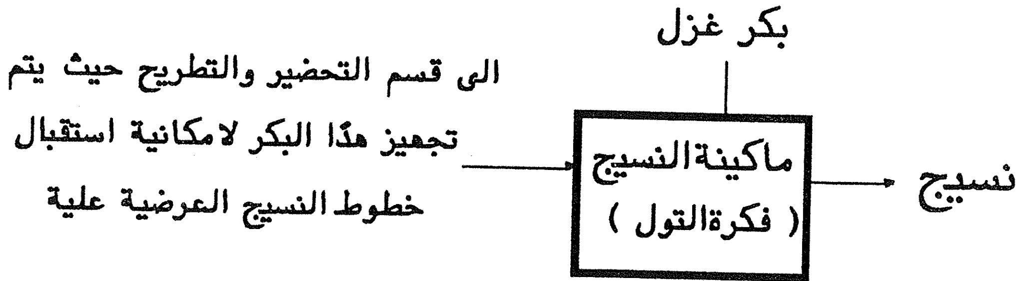
شكل (٥ - ٥) تمثيل ماكينه النسيج

تجهز الخطوط الطولية للنسيج من خلال ماكينه السداء *(Warping)*، ثم يتم تدخيل الخيوط العرضية مع الخطوط الطولية من خلال ماكينه النسيج، ويوضح شكل (٥ – ٦) خطوات انتاج نسيج من بكر صوف مغزول.

يصبغ النسيج الخام للحصول على اللون المطلوب ثم يعصر ويجفف ويطبع حسب المنتج المطلوب.

وفيما يلى توضيح لهذه العمليات.





يتم ادخال الخيوط العرضية
مع الطولية وفى نفس الماكينة يتم
نسيج برسول (هوامش) النسيج

شكل (٥-٦) مراحل انتاج النسيج من غزل الصوف

الصباغة (*Dyeing*):

لاجراء عملية الصباغة يحتاج النسيج الخام المرور على عدة مراحل منها : الغسيل، العصير، التجفيف، التثبيت الحرارى.

يوجد بعض أو جميع هذه الماكينات بصاله الصباغة :

- ماكينه الغسيل
- ماكينه التلبيد
- ماكينه الصباغه
- ماكينه عينات اللون
- عصاره
- ماكينه فرد وتطبيق
- ماكينه *Crabing*
- ماكينه تجفيف وتثبيت حرارى

وفيما يلى فكرة عن بعض هذه الماكينات :

أ – ماكينه التخلص من التجاعيد *Crabing* :

هذه الماكينه خاصة بالنسيج الصوفى (١٠٠ ٪) خيث يمر القماش الصوف على مياه عند درجة الغليان للحصول على قماش بدون كسرات أو انكماشات. ثم يتعرض القماش إلى جو بارد مفاجئ.

ب – ماكينه التجفيف والتثبيت الحرارى :

يتم استخدام هواء ساخن من سخان زيتى عند درجة حرارة من ١٨٠ إلى ٢٠٠°م أو من البخار. ويتم التجفيف لنسيج الصوف، بينما يتم التجفيف والتثبيت الحرارى لنسيج البوليستر.

جـ – ماكينات الغسيل أو التطهير :

توجد أنواع متعددة منها :

١ – ماكينه غسيل ويكون فيها ثوب القماش المستخدم مبروم مثل الحبل وتحتاج عملية الغسيل من ٤ إلى ٦ ساعات فى درجة حرارة من ٥٠ إلى ٦٠°م ويضاف فقط مياه ومسحوق منظف.

٢ – ماكينه غسيل يكون فيها ثوب القماش المستخدم مفرودا، حيث يغسل فيها أنواع الاقمشة القابلة لحدوث كسرات بها.

٣ – ماكينه غسيل وتلبيد (أى الحصول على سطح مكثف للمقاش).

تضاف المياه ومسحوق منظف وتستمر لمدة ٨ ساعات بما فيها من عملية الشطف والعصير وتكون سرعة الماكينه من ٥٠ إلى ١٠٠ متر / دقيقه.

د – ماكينه تلبيد *(milling)*

لتلبيد الالياف الصوفية حيث يمر القماش أولا على مرحلة غسيل وعصر. تعتمد ساعات التشغيل على سعه الماكينه مثلا ماكينه تلبيد سعه أثنين ثوب قماش تحتاج لساعتين تشغيل. وتكون سرعة الماكينه ٢٠٠ متر / دقيقه.

هـ – ماكينه الصباغه

توجد أنواع متعددة منها :

١ – النوع المفتوح

تتم عملية الصباغه عند درجة حرارة حوالى ٩٥° م وتستغرق عملية الصباغة ١٢ ساعة وتتم بها العمليات الآتية :

تركيب اللون ـ الشطف ـ اضافة المواد المساعدة ـ اضافة الصبغة ـ مقارنه العينة ـ الصباغه.

٢ – النوع المغلق

تتم عملية الصباغة عند درجة حرارة عالية حوالى ١٤٠° م وتستغرق عملية الصباغة ٨ ساعات.

عملية الصباغة *(Dyeing Process)*

تعتمد عملية الصباغة على اضافه مواد كيميائية لاتمامها، وتتم الصباغة على خطوات تبدأ بتجهيز النسيج من حيث النظافة والتطهير والتبيض ثم يتم تلوينه.. وتتم هذه العملية فى خزانات خاصة.

١ – مرحلة التطهير *Scouring step*

يضاف الصابون وهيدوكسيد الصوديوم والمياه عند درجة حرارة حوالى ١٠٠°م ولمدة ساعة تقريبا وذلك لتخليص النسيج من المواد الشمعية ولتنظيفه بالاضافة إلى فتح مسامات النسيج. بعد هذه المرحلة يتم التخلص من مزيج المياه والمواد الكيميائية إلى المصارف ثم تجهز خزان التطهير لعملية جديدة.

٢ – مرحلة التبييض *Bleaching step*

فى هذه المرحلة يضاف إلى المياه سليكات الصوديوم *(Sodium Silicate)* وهيبوكلوريد الصوديوم *(Sodium hypochlorite)*. بينما تضاف مياه الاكسچين لاكسدء السلولوز. بعد أكثر من ساعة يصبح النسيج ناصح البياض بعد ذلك تضاف مادة تلين وتنعيم *(Softening)*

٣ – التلوين

تضاف المادة الملونه حسب الطلب

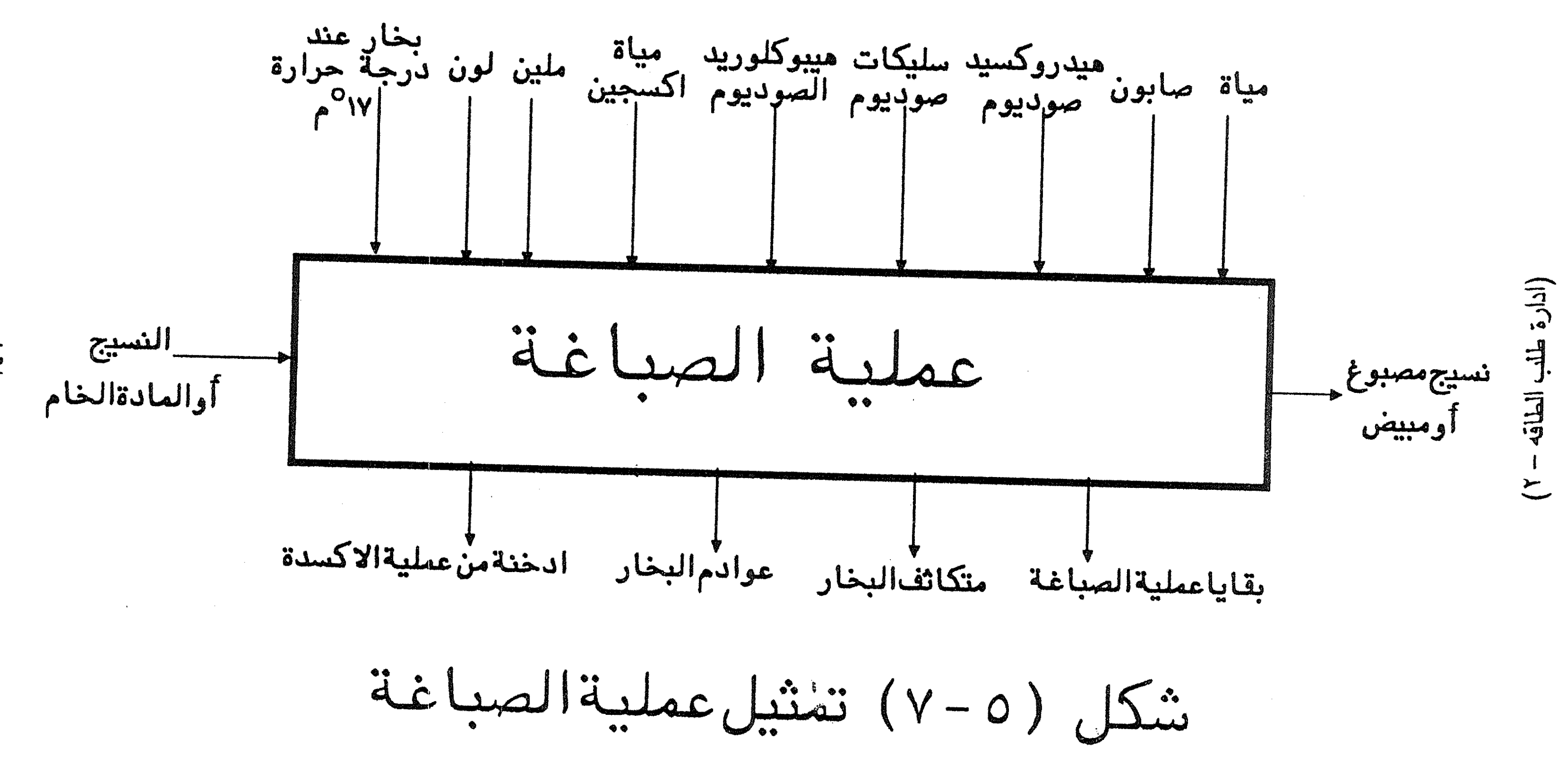
ويوضح شكل (٥ – ٧) تمثيل عملية الصباغه

عملية العصر والتجفيف *Squeezing and Drying Process*

يلى عملية التبيض أو الصباغة عملية العصر والتجفيف والكى.

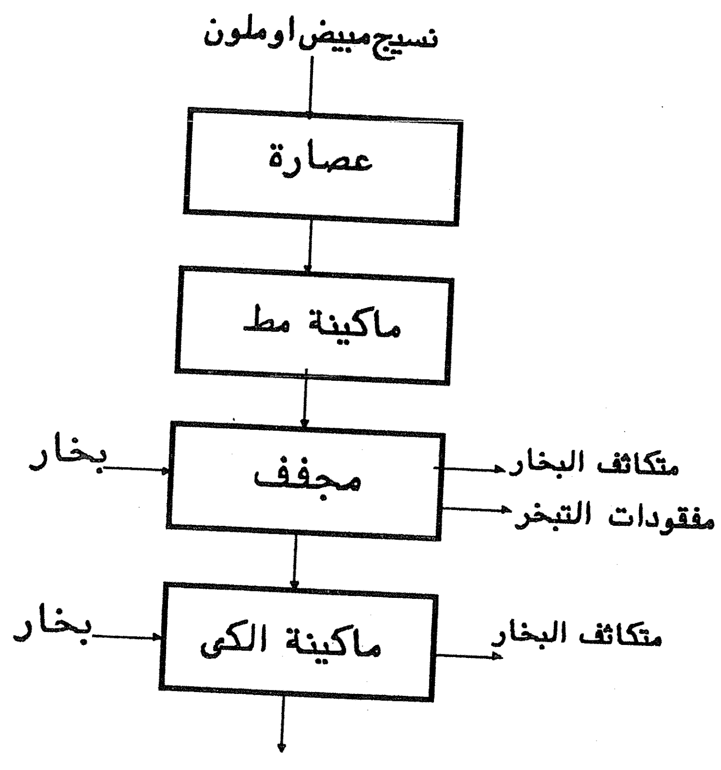
حيث يتم العصر من خلال ماكينه العصر *(Squeezing MIC)* للتخلص من المياه الزائدة. ثم يمر النسيج على ماكينه مط *(Stretcher)* لتحديد العرض السليم المسموح. يلى ذلك تسليط بخار ساخن على الدرم (حوالى ١٠٠°م) للتجفيف ثم كى النسيج بدرجة حرارة تعتمد على نوعه.

ويوضح شكل (٥ – ٨) مراحل عملية العصر والتجفيف.



شكل (٥-٧) تمثيل عملية الصباغة

(ادارة طلب الطاقه – ٢)



شكل (٥-٨) مراحل عملية العصر والتجفيف

عملية الطباعة *Painting Process*

تتم طباعه الملابس تبعا للخطوات الآتية:

- تصمم أو تختار الرسومات.
- يتم الرسم بالتصوير الفوتوغرافى (الضوئى) بتركيز الضوء على نموذج من الحرير، يضاف اللاصق الملون.
- توضع الملابس المطبوعه فى فرن كهربى (درجة الحرارة ١٠٠°م) لمدة بضع ثوانى وذلك لتثبت اللون.

عملية التفصيل والحياكه :

تتم عمليات التفصيل باستخدام مقص كهربى *(electric scissors)* تبعا للطلبيه والاحتياج. يلى ذلك الحياكه باستخدام ماكينات الحياكه التى تعمل بالكهرباء. ثم إلى مرحلة التعبئة والتخزين.

ماكينات الخياطه والماكينات المساعدة

- ماكينه تطريز مبرمجه تعمل بخيوط حرير ملونه يمكن أن تحتوى على إمكانيه وجود ١٠ ألوان.
- ماكينه تطبيق الترابيع.
- ماكينه تغليف اتوماتيكيه.
- ماكينات الخياطه يدويه أو كهربائيه.
- ماكينات تصنيع الماركات.
- ماكينات قص وثنى الماركات.
- ماكينات الركامه (نسيج الدانتيل).
- ماكينات الاستيك.

فى المرحلة النهائية يمر القماش الصوف على الماكينات الآتية :

* ماكينه الفرشه.

حيث تتم عمليه حلاقه الوبره وتنظيف القماش من الفتل.

* ماكينه السكينه.

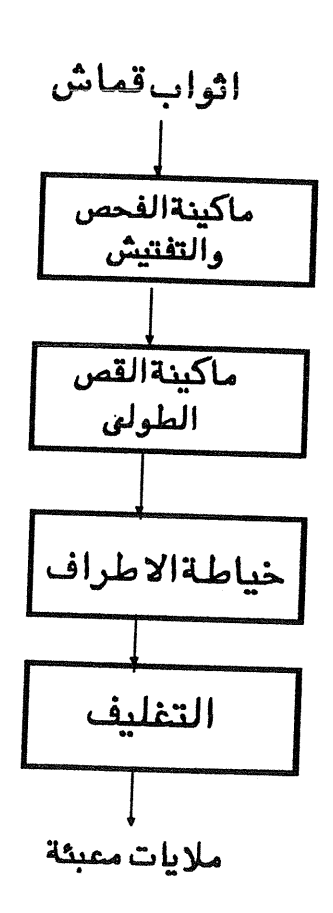
حيث تحلق الوبره للتخلص من *Pilling*.

يوضح شكل (٥ – ٩) مراحل خياطه الملايات

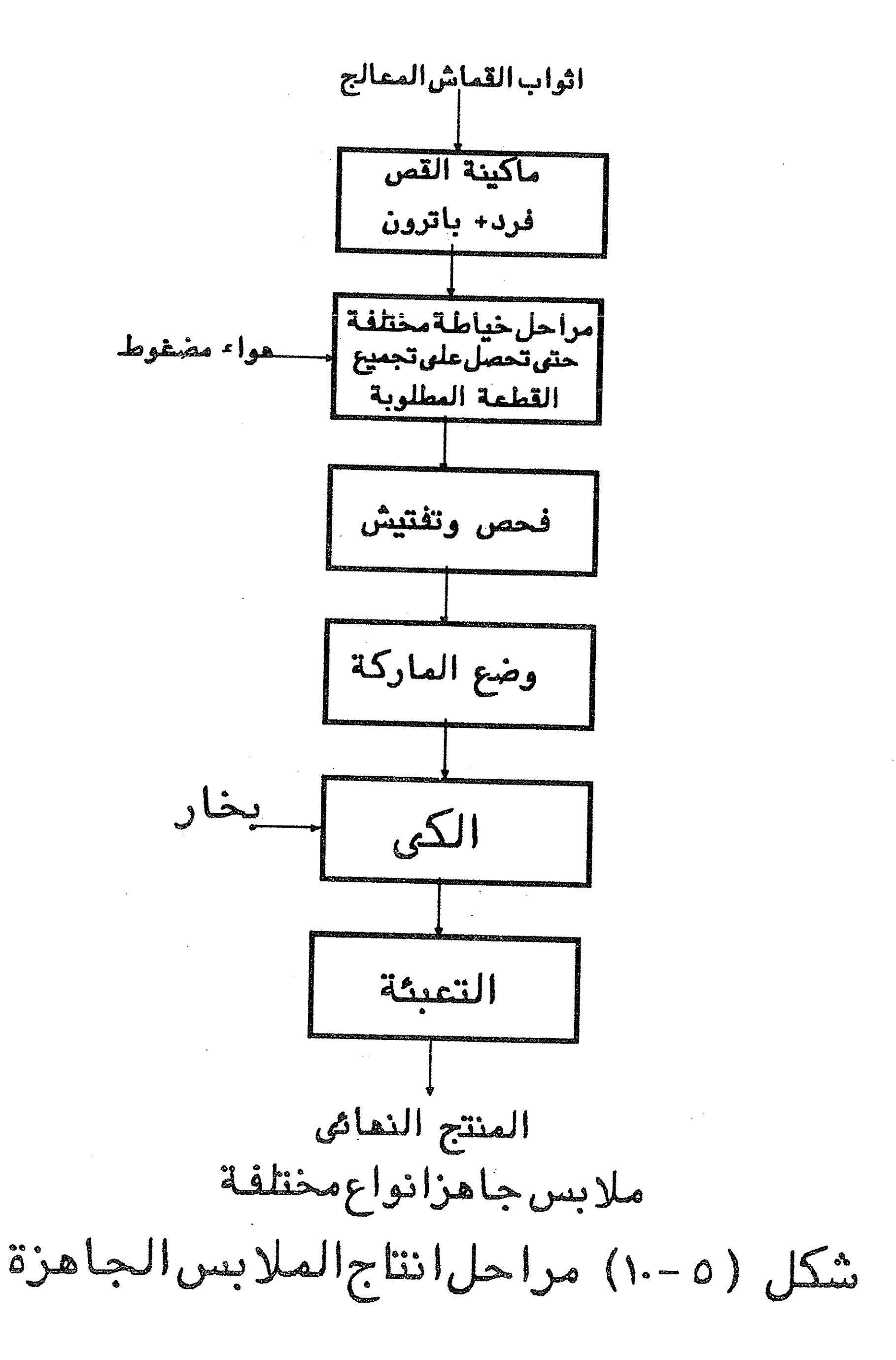
يوضح شكل (٥ – ١٠) مراحل انتاج الملابس الجاهزه

ويوضح شكلى (٥ – ١١)، (٥ – ١٢) مثالين لمراحل انتاج النسيج والملابس الجاهزه.

(ادارة طلب الطاقه – ٢)

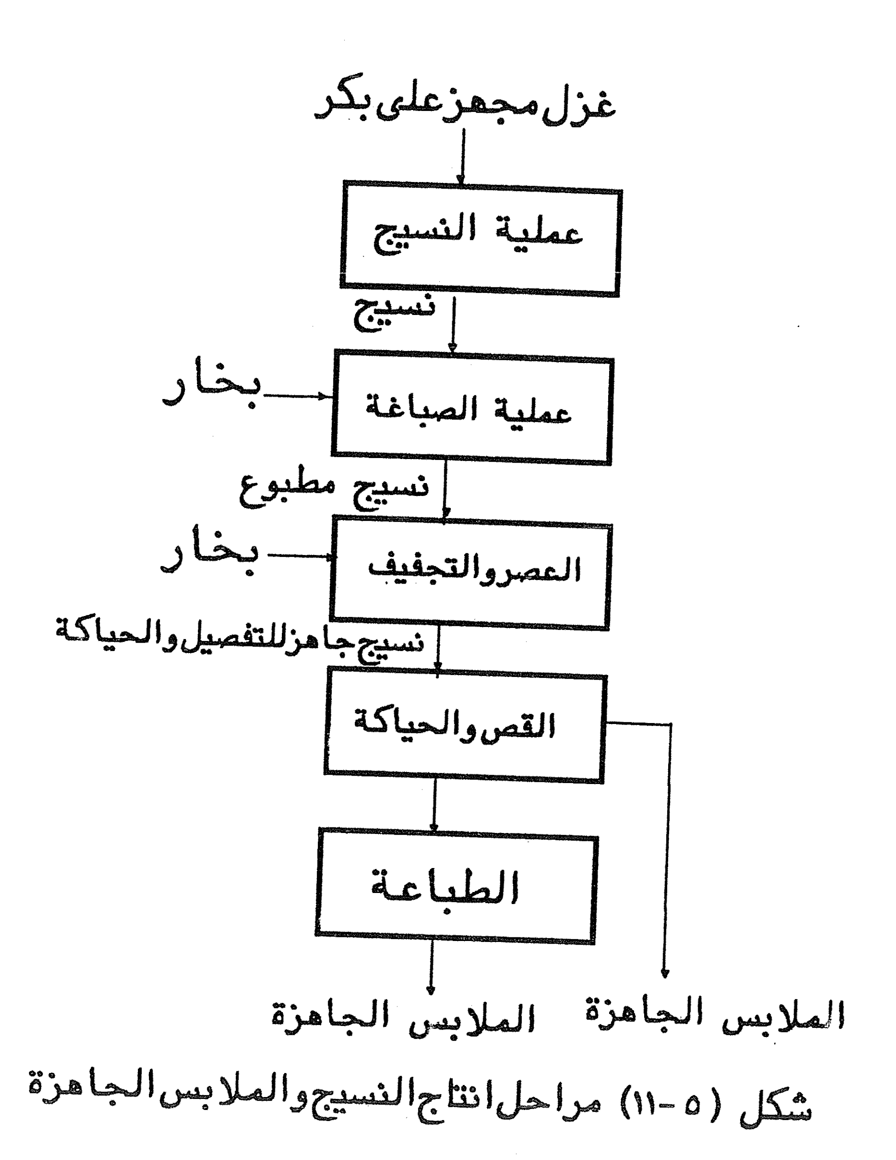


شكل (٥-٩) مراحل خياطة الملايات

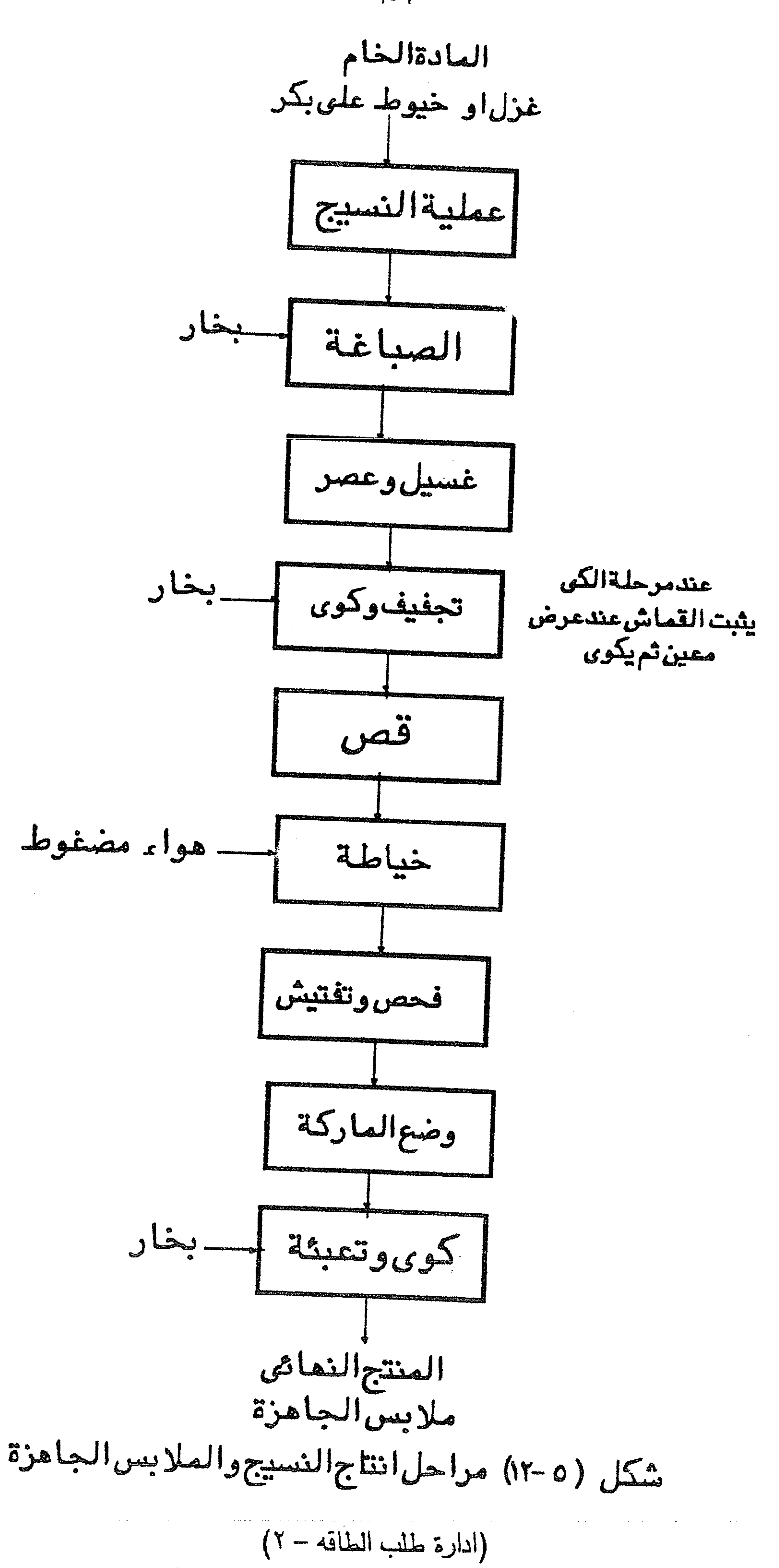


شكل (٥-١٠) مراحل انتاج الملابس الجاهزة

(ادارة طلب الطاقه - ٢)



شكل (٥-١١) مراحل انتاج النسيج والملابس الجاهزة



شكل (٥-١٢) مراحل انتاج النسيج والملابس الجاهزة

(ادارة طلب الطاقه – ٢)

٢ - صناعة البطاريات السائلة

توجد أنواع مختلفة من البطاريات مثل :

- بطارية سائله للسيارات.
- بطاريات صناعية للسنترالات والمستشفيات.
- بطاريات خاصة للقوات المسلحة.
- بطاريات السكك الحديدية.

تخضع صناعه البطاريات للمراحل الاتية :

١ - الصب

حيث تشكل الواح رصاص تسمى الشبكه تستخدم كأقطاب سالبه وموجبه للبطاريات.

٢ - طلاء الشبك بعجينه خاصه

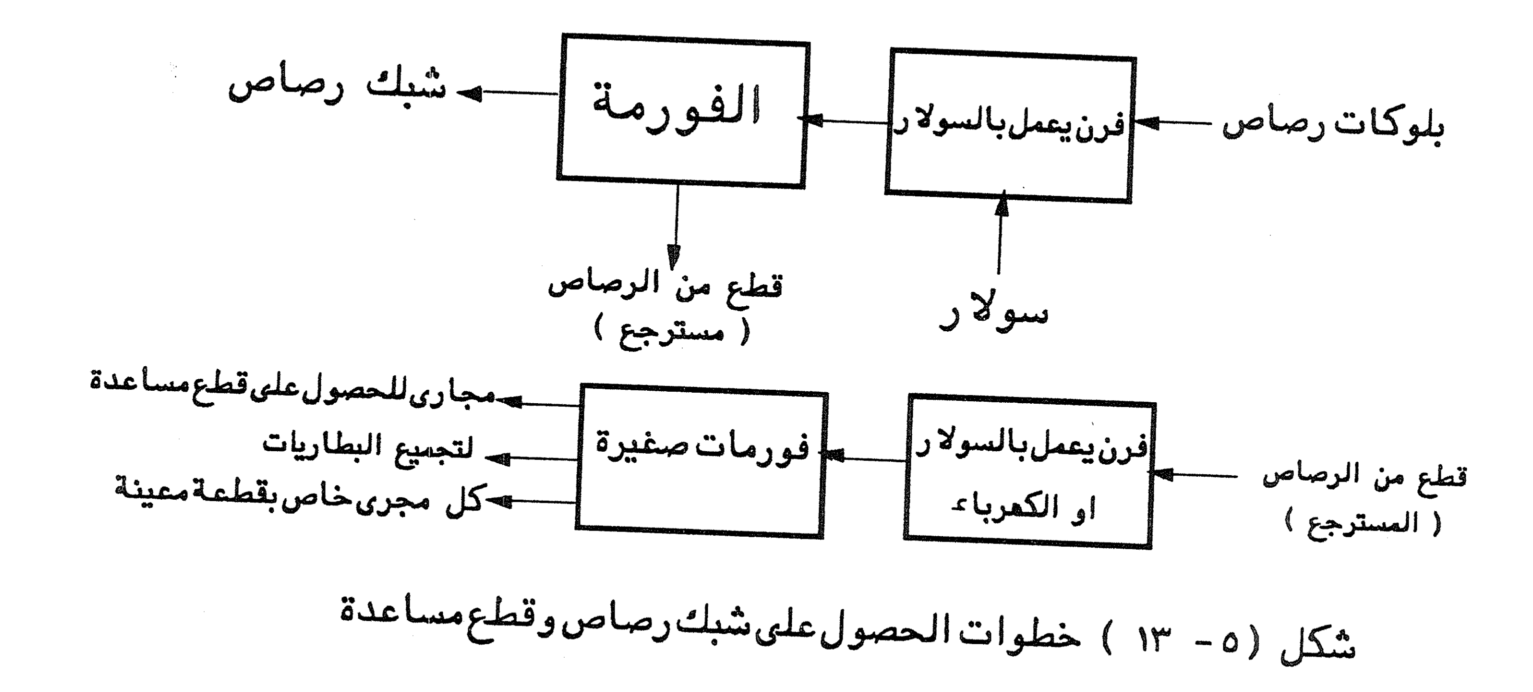
٣ -الشحن

الخامه الاساسية المستخدمة فى صناعه البطاريات هى سبائك من الرصاص النقى بنسبه ٩٩,٩٨٪.

٢ - ١ - مرحلة الصب

تستخدم الفورم للحصول على الشبك. الشبكة عباره عن سبيكه رصاص تحتوى على نسبه محددة من القصدير، النحاس، سلنيوم، انتنيوم.

ويوضح شكل (٥ - ١٣) مراحل الحصول على شبك الرصاص والقطع المساعدة للبطاريات.



شكل (٥ - ١٣) خطوات الحصول على شبك رصاص وقطع مساعدة

٢ - ٢ - مرحلة طلاء الشبك

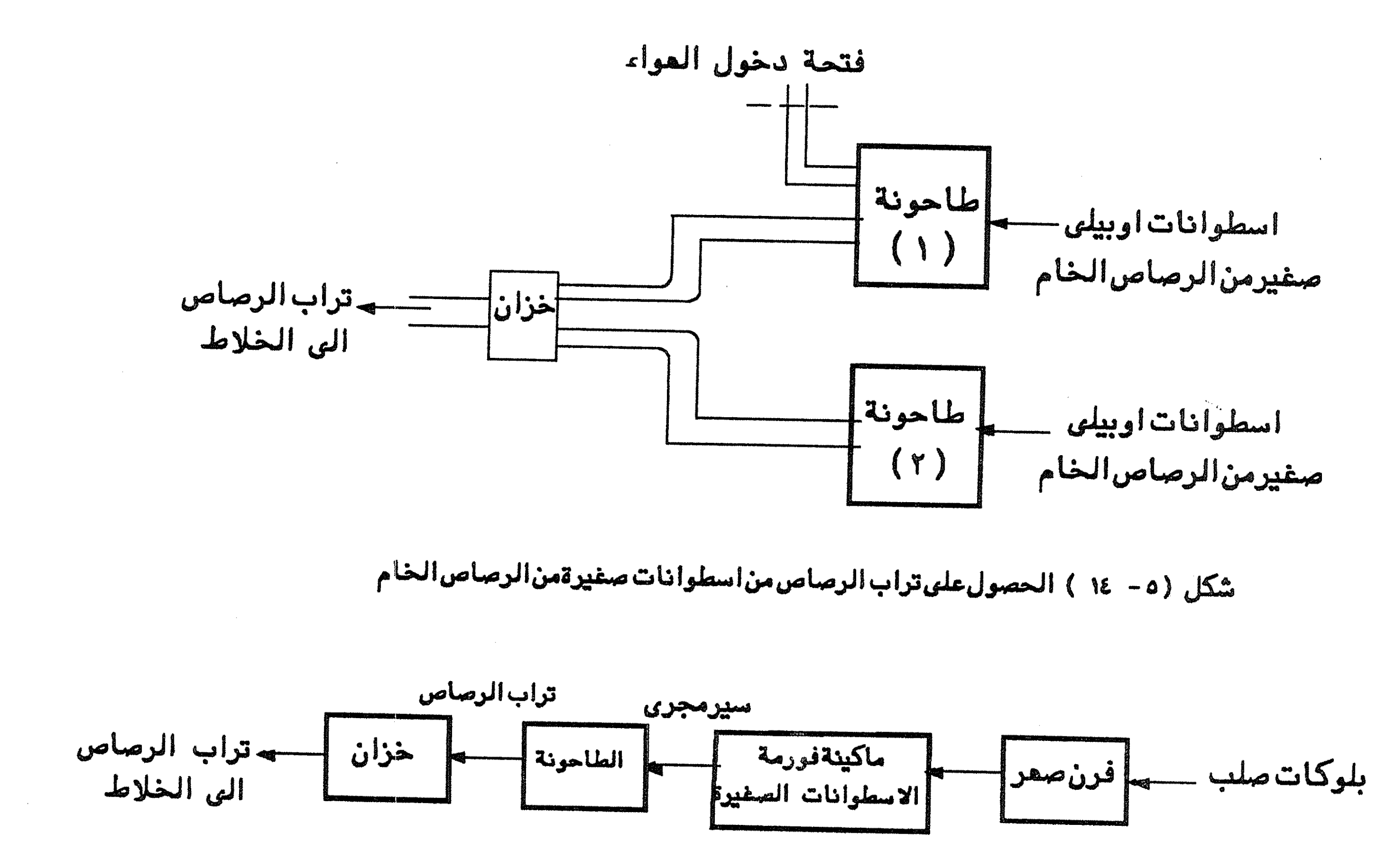
يتم طلاء الشبك بعجينه، نحصل عليها من الخلاط، تتكون من :

تراب الرصاص (اكسيد الرصاص) + حامض كبريت مخفف + مياه مقطرة

بعد ذلك يستخدم الشبك المغطى للأقطاب السالبه والموجبه، فى حالة الاقطاب السالبه تضاف مجاليل أخرى ومواد كيميائية للعجينه السابقة، لذا يستخدم خلاطين أحدهما للحصول على عجينه القطب الموجب والآخر لعجينه القطب السالب.

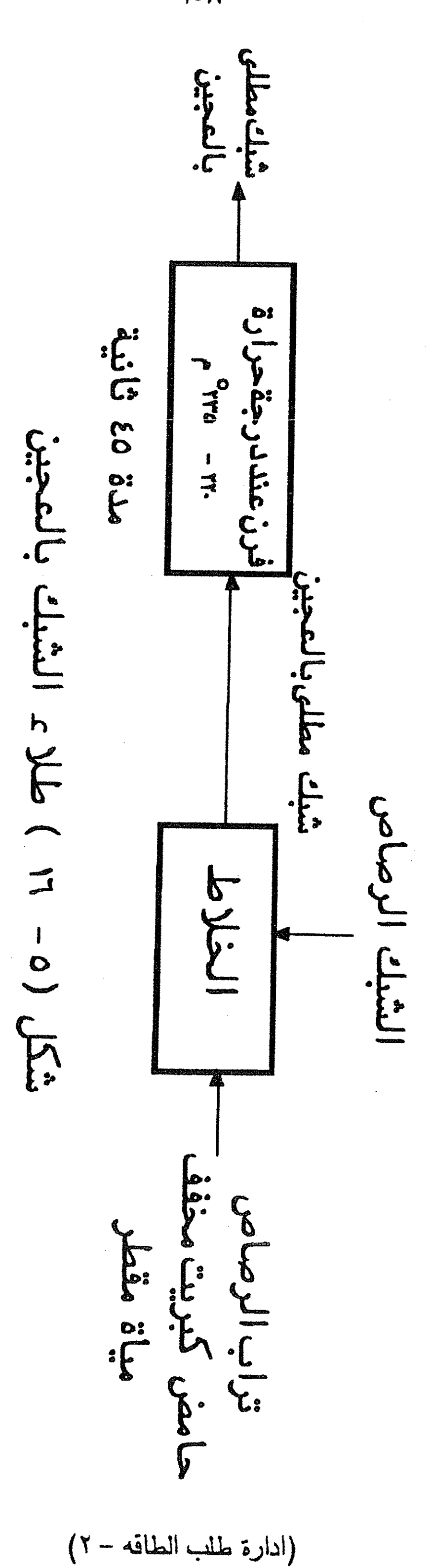
باستخدام طواحين يتم الحصول على تراب رصاص يحتوى على أكسيد الرصاص (بنسبه ٩٥ ٪ رصاص) وعادة يوجد أكثر من طاحونه ويتم تخزين تراب الرصاص فى خزانات.

وتغذى الطواحين باسطوانات أو كورات صغيره من الرصاص الخام أما أن تكون مجهزه سابقا أو فى مرحلة سابقة للطحن كما فى شكلى (٥ – ١٤)، (٥ – ١٥) ويوضح شكل (٥ – ١٦) مراحل طلاء الشبك بالعجين.



شكل (٥ - ١٤) الحصول على تراب الرصاص من اسطوانات صغيرة من الرصاص الخام

شكل (٥ - ١٥) الحصول على تراب الرصاص من بلوكات الصلب



شكل (٥- ١٦) طلاء الشبك بالعجين

٢ - ٣ - مرحلة الشحن

يرص الشبك المطلى بالعجين ويغطى بقطعة من القماش المبلل ـ لمدة اسبوع ـ وكلما جفت تبلل مرة أخرى، حتى يتم التفاعل بين الرصاص البودره والاكسچين والحصول على اكسيد الرصاص، وميزه ذلك :

* أن يصبح الرصاص أكثر مساميه
* تؤدى التفاعلات إلى زيادة حجم الطبقه المطليه على الشبك وتصبح فعاله ثم يرص الشبك بطريقه معينه. يغمر فى أحواض الشحن المملوءة بالمحلول ويشحن من مصدر تيار مستمر ١١٠ف.

تحصل على فرق جهد ٢ ڤولت بين كل شبكتين (قطب موجب / قطب سالب).

٣ - صناعة الجلود الصناعية

يمكن انتاج الجلود الصناعية بأحد الطريقتين

أ - الطريقة غير المباشرة *(Indirect)*

يعد تحضير عجيبة الجلد ـ نصب العجينه المصنعة على ورق مخصوص يحتوى على نقوش، للحصول على طبقه من الجلد المنقوش، ثم يتم فصل طبقه الجلد وتلزق على قماش.

ب - الطريقه المباشرة *(Direct)*

بعد تحضير عجينه الجلد ـ تصب العجينه المصنعه (الجلد) على المقاش مباشره.

تحضير العجينه :

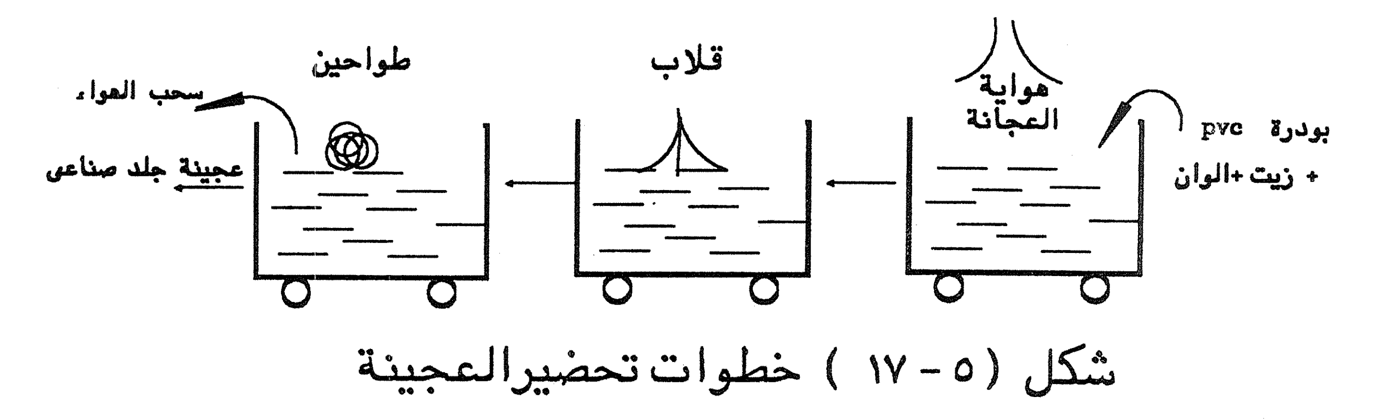
تتكون العجينه من بودرة *PVC*، زيت، الوان، مكونات اضافيه خاصة بنسب معينه.

- تعبأ العجانه بهذه المكونات، يوجد أعلى العجانه هوايه لسحب أية اتربه تؤثر على العمال.
- يستخدم قلاب لتقليب العجينه وتجانسها، ويتم قياس النعومه واللزوجه للعجينه.
- تنعم العجينه بالطواحين.
- ثم تمر على ماكينه فاكيوم *(Vacuum)* لسحب الهواء من العجينه.

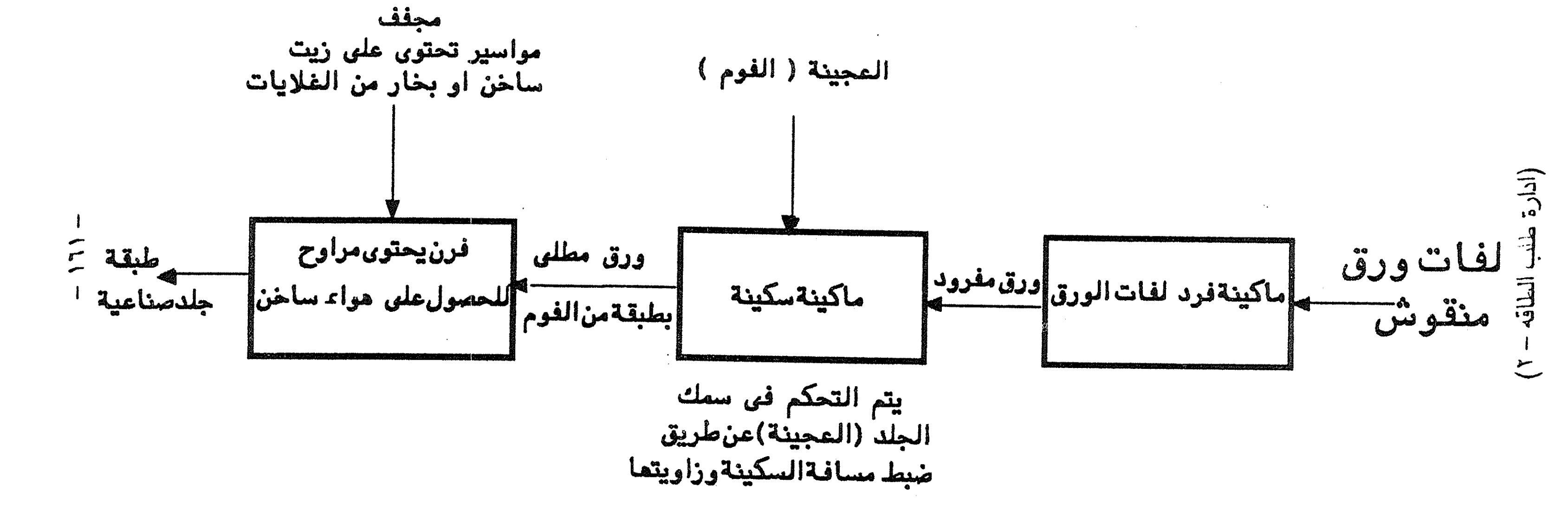
عندئذ تصبح العجينه جاهزه للاستخدام والتى تكون عباره عن مادة بلاستيكيه سائلة ذى لزوجه معينه (فوم) كما فى شكل (٥ – ١٧).

يوضح شكل (٥ – ١٨) مراحل انتاج طبقه جلد صناعيه

ويوضح شكل (٥ – ١٩) مراحل انتاج الجلد الصناعى



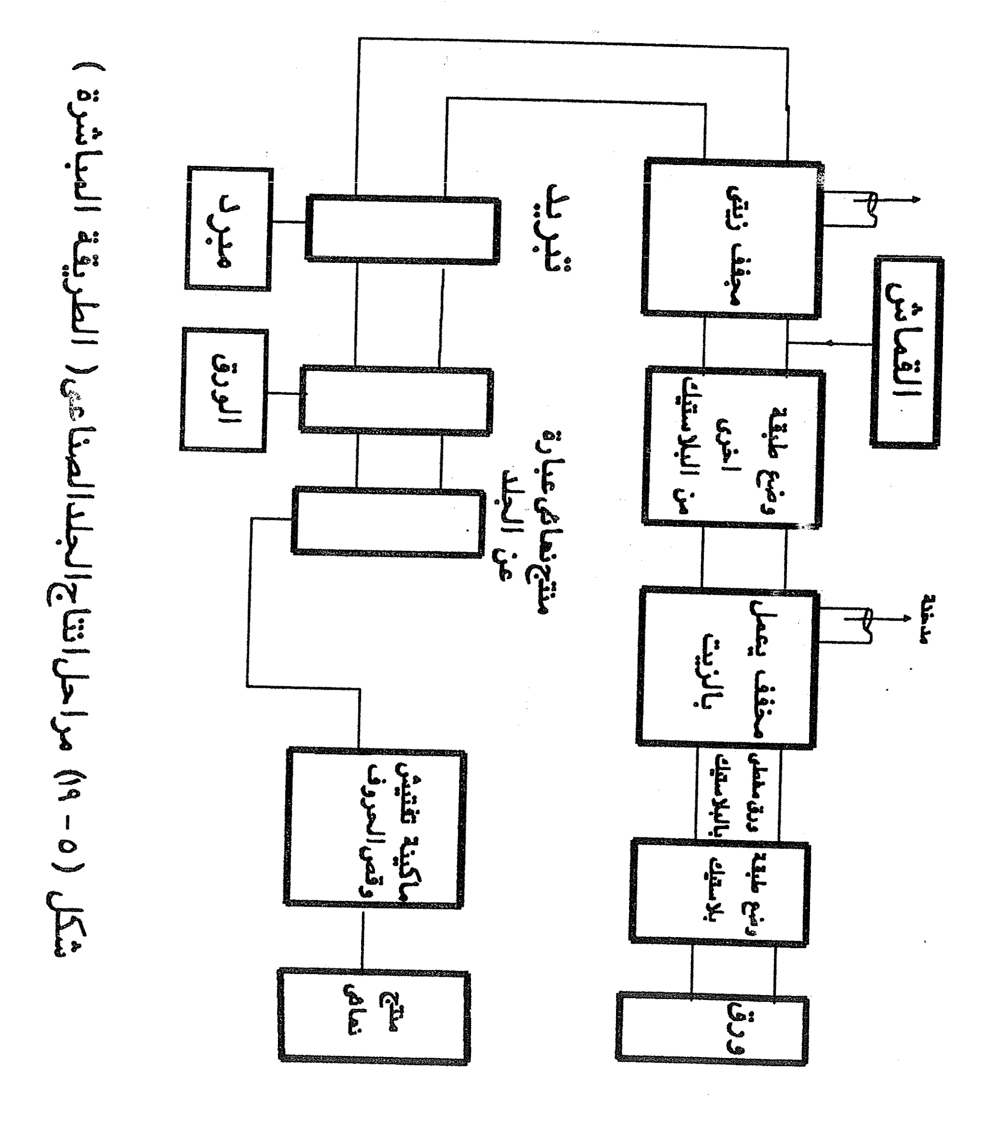
شكل (٥ - ١٧) خطوات تحضير العجينة



(ادارة طلب الطاقة – ٢)

● لانواع الورق الجيد يعاد استخدامة من ٥ الى ٧ مرات

شكل (٥ - ١٨) مراحل انتاج طبقة جلد صناعية



شكل (٥ - ١٩) مراحل انتاج الجلد الصناعي (الطريقة المباشرة)

٤ - تشكيل المعادن

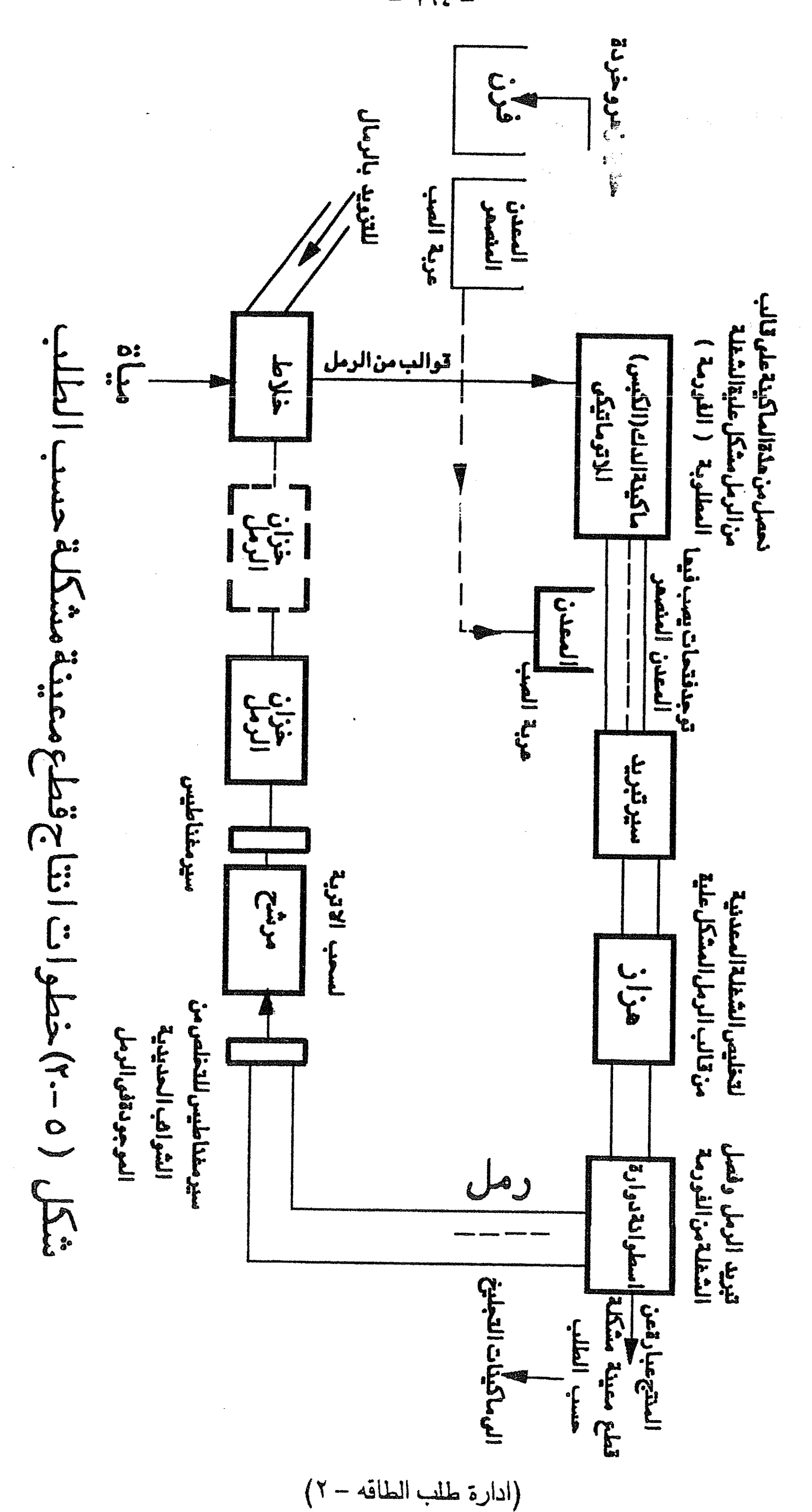
بتشكيل المعادن يمكن الحصول على قطع الغيار أو قطع معينه مشكله حسب الطلب ويوضح شكل (٥ – ٢٠) مثال لمراحل انتاج قطع معدنية مشكلة حسب الطلب. يبين شكل (٥ – ٢١) مراحل انتاج المسمار الصلب وبين شكل (٥ – ٢٢) مراحل انتاج المسمار الطاسة.

٥ - صناعة الواح الاكريكيك

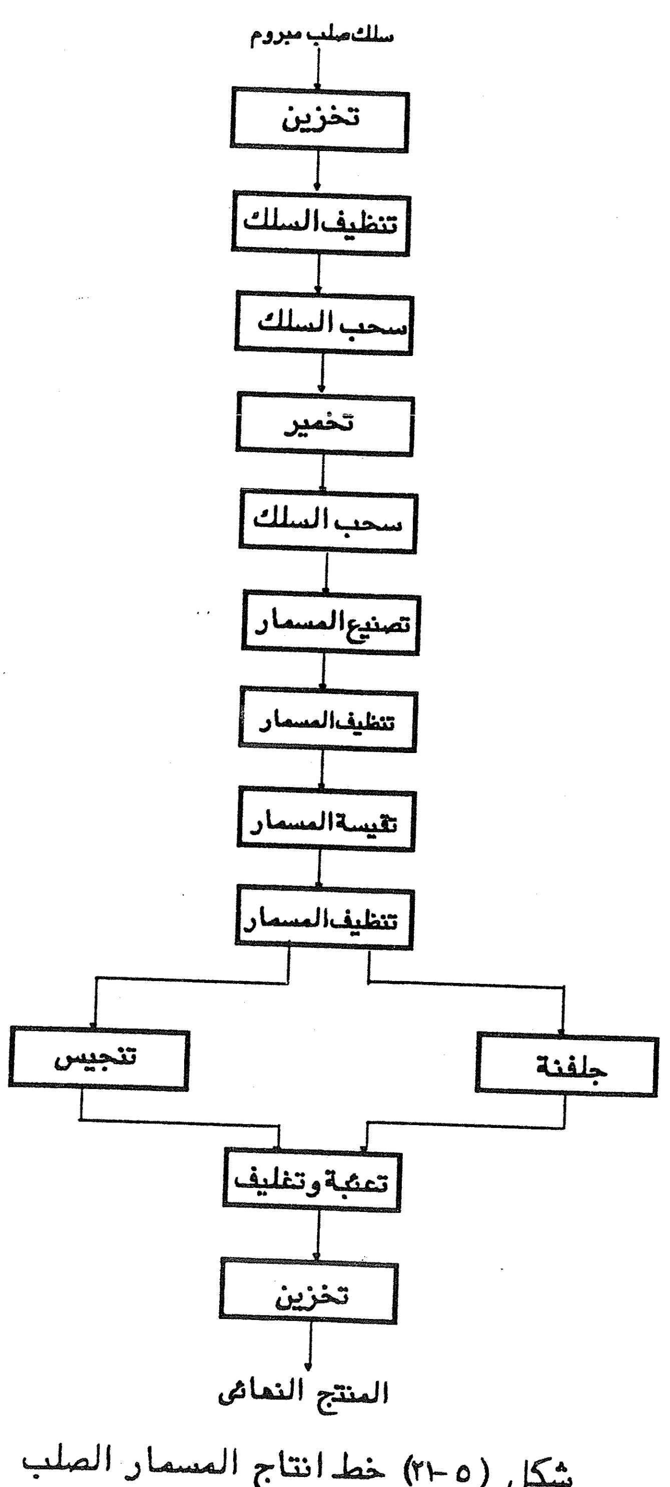
تصنع الألواح الاكريليك بألوان ومقاسات (طول وسمك) مختلفة لاستخدامها فى صناعة البانيوهات وحمامات القدم الاكريليك ويوضح شكل (٥ – ٢٣) مراحل تصنيع الالواح الاكريليك

٦ - صناعة البانيوهات وحمامات القدم الاكريليك

يوضح شكل (٥ – ٢٤) خطوات تصنيع البانيوهات وحمامات القدم الاكريليك

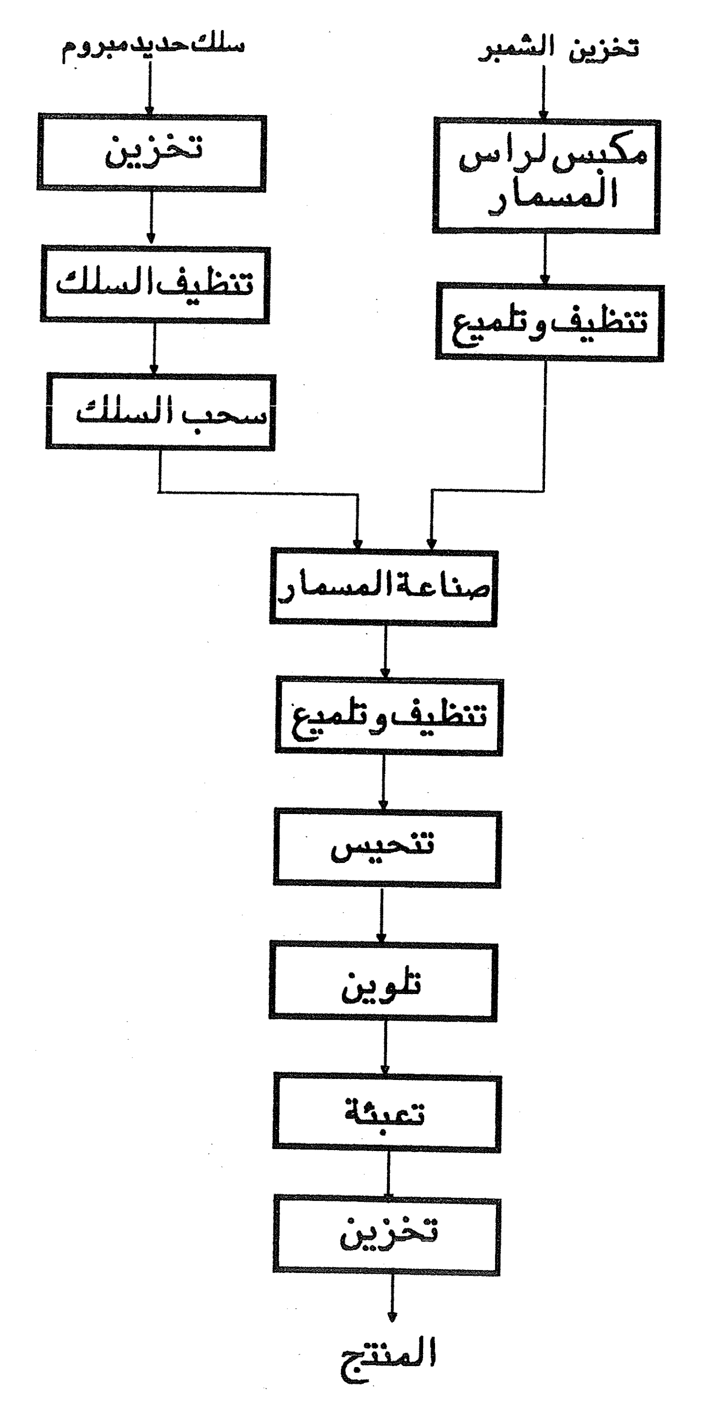


شكل (٥-٢٠) خطوات انتاج قطع معدنية مشكلة حسب الطلب



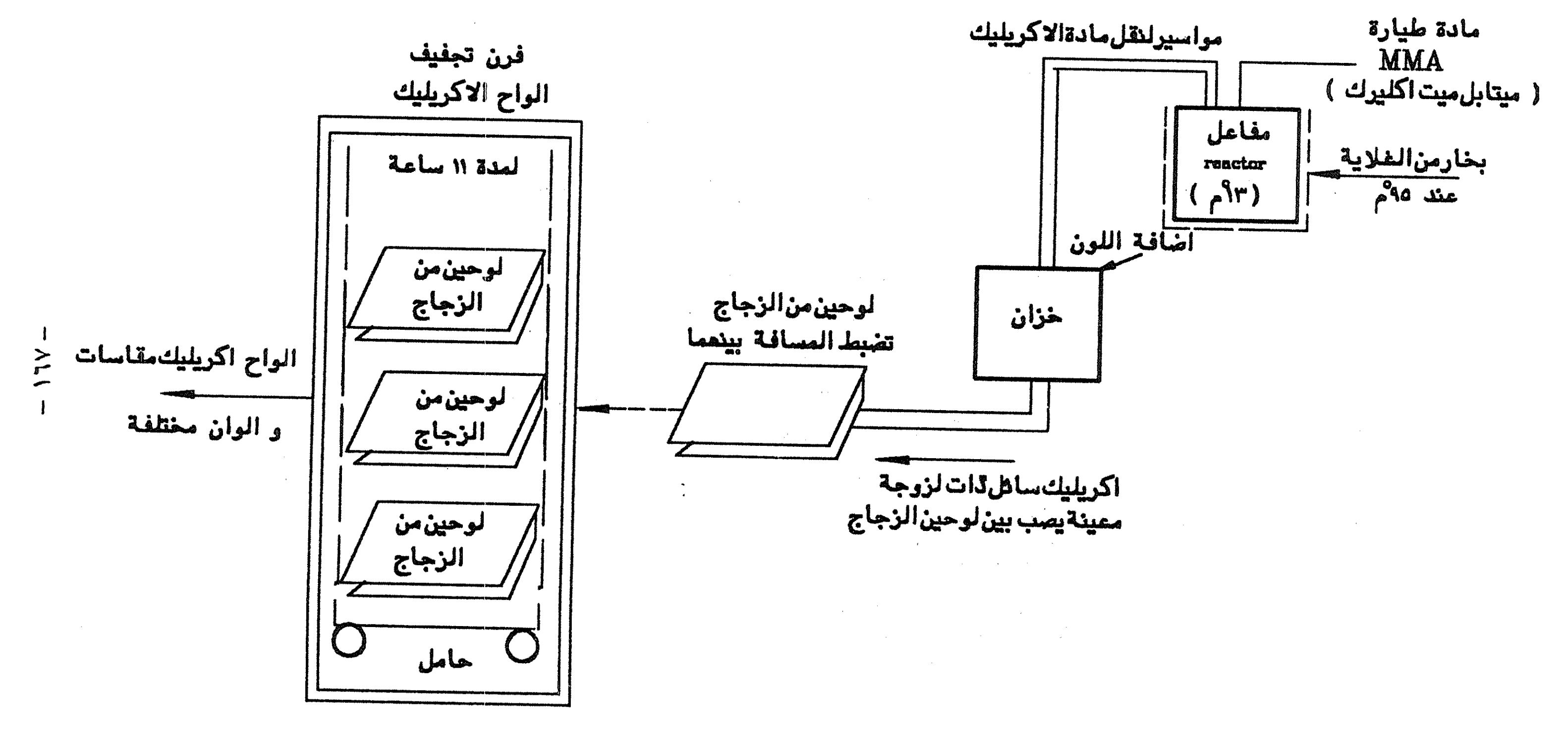
شكل (٥-٢١) خط انتاج المسمار الصلب

(ادارة طلب الطاقه - ٢)

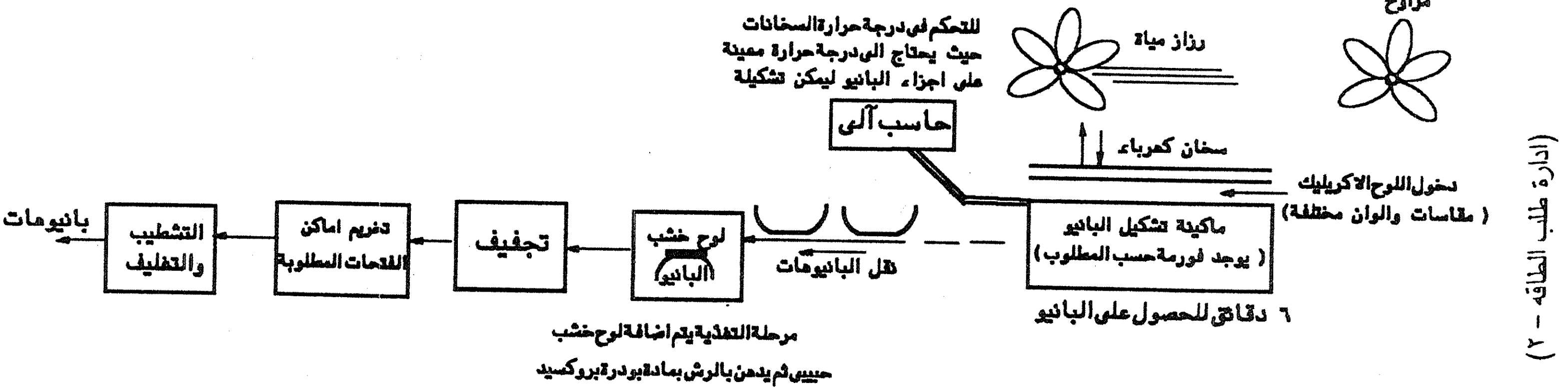


شكل (٥-٢٢) خط انتاج المسمار الطاسة للتنجيد

(ادارة طلب الطاقه - ٢)



شكل (٥-٢٣) مراحل تصنيع الواح الاكريليك



شكل (٥-٢٤) خطوات تصنيع البانيوهات وحمامات القدم الاكريليك

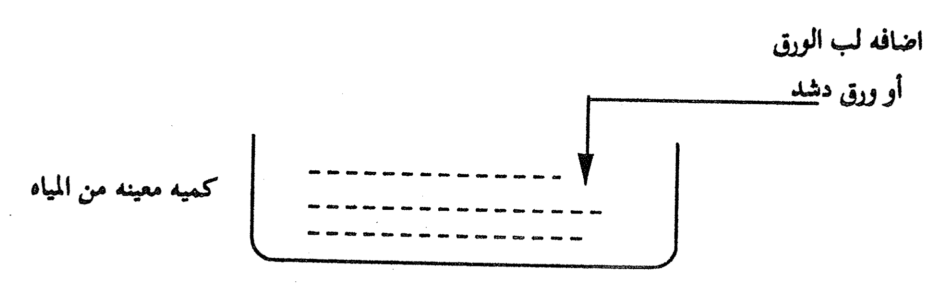
(ادارة طلب الطاقه - ٢)

٧ - صناعة الورق

يتم تصنيع الورق على مرحلتين هما : مرحلة التحضير ومرحلة تشكيل الورق

أ - مرحلة تحضير العجينه

تتم عملية تحضير العجينه الورقيه فى أحواض خاصة. يستخدم لب الورق *(Pulp)* أو الورق المرتجع (ورق دشت) كخامة أولية تضاف إلى الاحواض وتخلط بالمياه وتقلب وتفتت باستخدام الكهرباء. تتراوح فترة التفتيت من $\frac{١}{٣}$ إلى $\frac{١}{٢}$ ساعة وتعتمد على نوع الورق المرتجع ونوع الورق المنتج. ثم تمر العجينه على مرشحات للتخلص من الشوائب ويوضح شكل (٥ – ٢٥) تمثيل مرحلة التحضير.



شكل (٥ - ٢٥) مرحلة التحضير

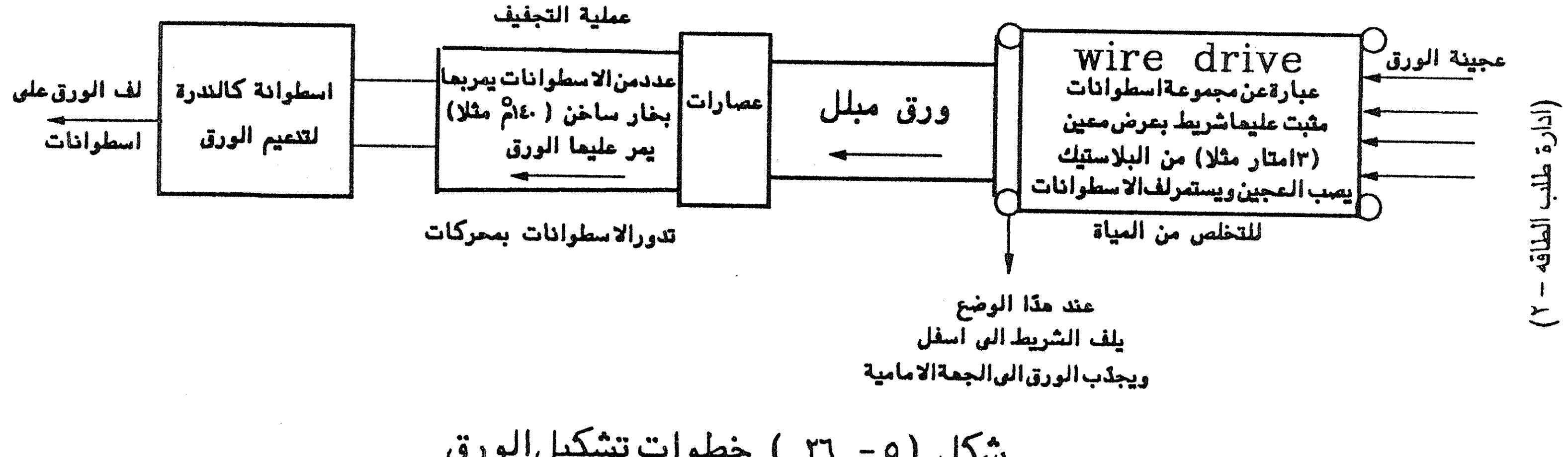
وفى المرحلة الاخيرة لتحضير لعجينه تضاف المواد التالية :

* مادة الرجينه *(Rosin)*
  والتى تمنع شف الحبر عند الكتابه على الورق.
* مادة الشبه (أمونيوم سلفات).
  والتى تعمل على :
* تثبيت مادة الرجينه.
* تقليل نسبه القلويات *(PH)* فى العجينه.

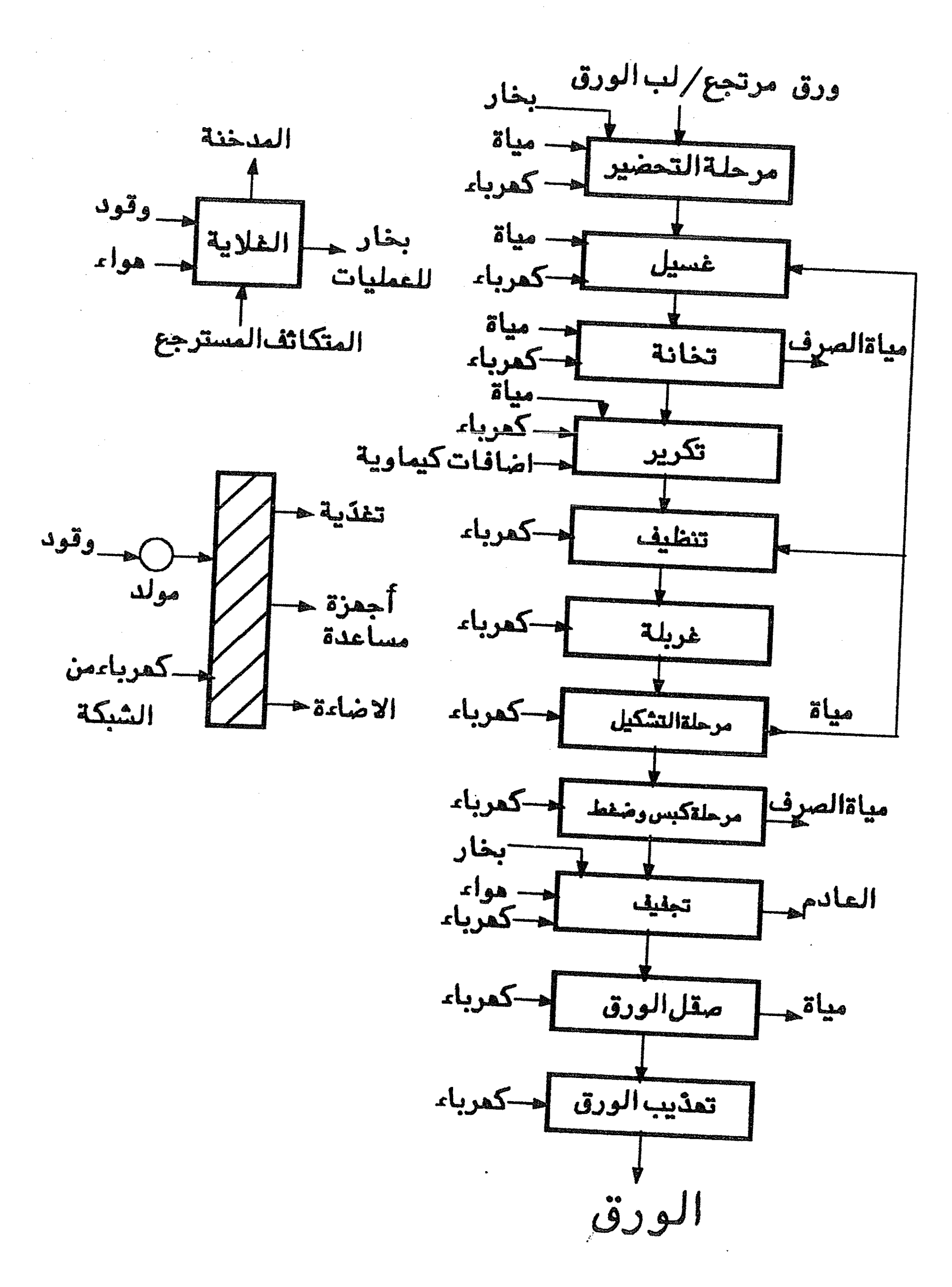
ب - مرحلة تشكيل الورق

يوضح شكل (٥ – ٢٦) خطوات تشكيل الورق. يمكن الحصول على مقاسات مختلفة (العرض) باستخدام ماكينه سكينه.

ويوضح شكل (٥ – ٢٧) خطوات تصنيع الورق



شكل (٥ - ٢٦) خطوات تشكيل الورق



شكل (٥ - ٢٧) خطوات تصنيع الورق

(ادارة طلب الطاقه - ٢)

٨ - صناعة الادوات الصحيه وبلاط الحوائط والارضيات

يتم أولا انتاج البودرة المستخدمة لعمل البلاط ويوضح شكل (٥ – ٢٨) مراحل انتاج البودرة المستخدمة لعمل البلاط

تكون المادة المستخدمة عبارة عن كسر جبال تسمى فلسبار *(Fledspar)*

يوضح شكل (٥ – ٢٩) خطوات تحضير بودرة مجففة لتصنيع بلاط الحوائط والارضيات.

ويبين شكل (٥ – ٣٠) خطوات تصنيع بلاط الحوائط *(Wall tile)*

بينما يبين شكل (٥ – ٣١) خطوات انتاج الادوات الصحيه *(Sanitary ware)*.

Storge area

صومعة

weighting

silo (اسطوانى)

Pressure bottle

قارورة ضغط

elevator

رافع

طاحونة الكريات

Ball mill

vibrator

هزاز

اضافة المادة الخام

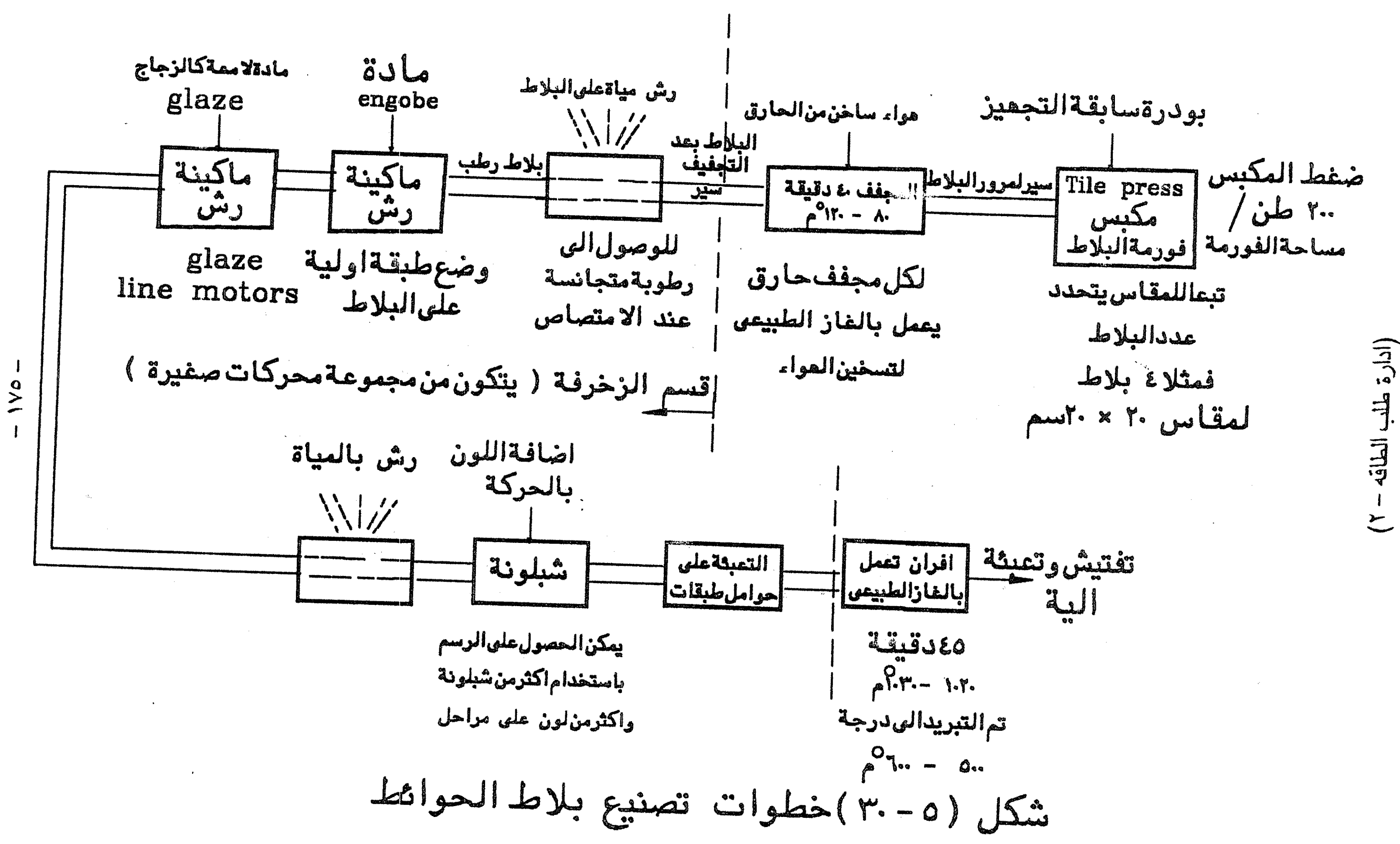
elevator

رافع

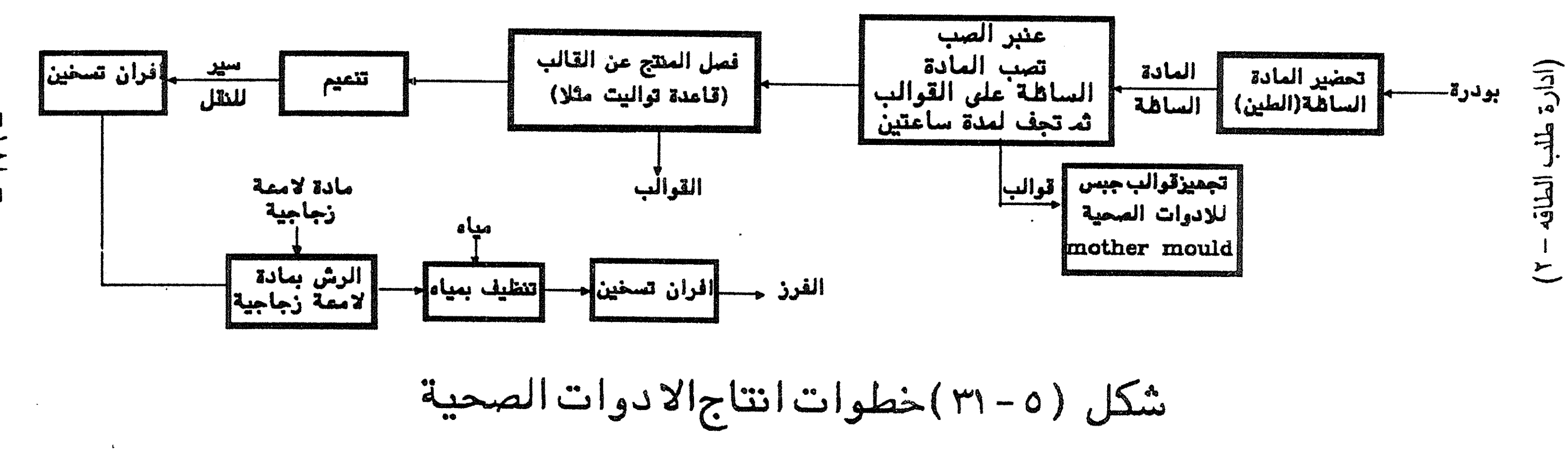
شكل (٥-٢٨) مراحل انتاج البودرة المستخدمة لعمل البلاط

(ادارة طلب الطاقه – ٢)

شكل (٥ - ٢٩) خطوات تحضير بودرة مجففة لتصنيع بلاط الحوائط و الارضيات



شكل (٥ - ٣٠) خطوات تصنيع بلاط الحوائط



شكل (٥ - ٣١) خطوات انتاج الادوات الصحية

(ادارة طلب الطاقه – ٢)

٩ - صناعة منتجات البلاستيك

يتم الحصول على منتجات البلاستيك أما من ماكينات الحقن أو ماكينات النفخ.

أ – منتجات البلاستيك بالحقن *Platic Injection process*

ويكون المنتج عباره عن ملاعق بلاستيك وادوات بلاستيك للصيادلة وأطباق وكراسى.

ويوضح شكل (٥ – ٣٢) مراحل الانتاج بالحقن.

ب – منتجات البلاستيك بالنفخ *(Platic Blowing process)*

ويكون المنتج عباره عن قارورات بلاستيك.

ويوضح شكل (٥ – ٣٣) مراحل الانتاج بالنفخ.

١٠ - صناعة الخشب

تستخدم الكتل الخشبيه *(Tree logs)* والخشب الابيض *(White wood)* للحصول على أنواع مختلفة من الاخشاب مثل :

* الواح قشره *Veneer sheets*

ويوضح شكل (٥ – ٣٤) عملية تصنيع هذه الالواح.

* الخشب الرقائقى (أبلكاج) *Plywood*

وهو عبارة عن طبقات متعددة من الواح القشرة كما هو موضح فى شكل (٥ – ٣٥).

* الالواح الخشبية *Wood Strip*

عبارة عن طبقات من الخشب الابيض المغلف بطبتقين من القشره.

يوضح شكل (٥ – ٣٦) مقارنه بين مقطعى الخشب الابيض والالواح الخشبية وتمتاز الالواح الخشبية بارتفاع خصائصها الميكانيكية.

ويوضح شكل (٥ – ٣٧) مراحل تصنيع الألواح الخشبية.

* الواح خشب مغلفه *(Block Board)*

تستخدم الالواح الخشبية *(Wood strip)* والابلكاج *(Plywood)* للحصول على هذا النوع، كما هو مبين بشكل (٥ – ٣٨).

يوضح شكل (٥ – ٣٩) مراحل تصنيع الواح ابلكاج باستخدام كتل خشبية ويوضح شكل (٥ – ٤٠) مراحل تصنيع وتجميع قطع موبيليا.

١١ - صناعة الغازات الصناعية

يوضح شكل (٥ – ٤١) مثال لمراحل تصنيع وتعبئه الاكسچين (O_2) والتى تعتمد على

تجفيف الهواء ثم فصل الاكسچين عن النيتروچين.

ويستخدم النيروچين فى تبريد بطاريات التجفيف.

يتم تكثيف الاكسچين ثم تحويله إلى غاز وتعبئته.

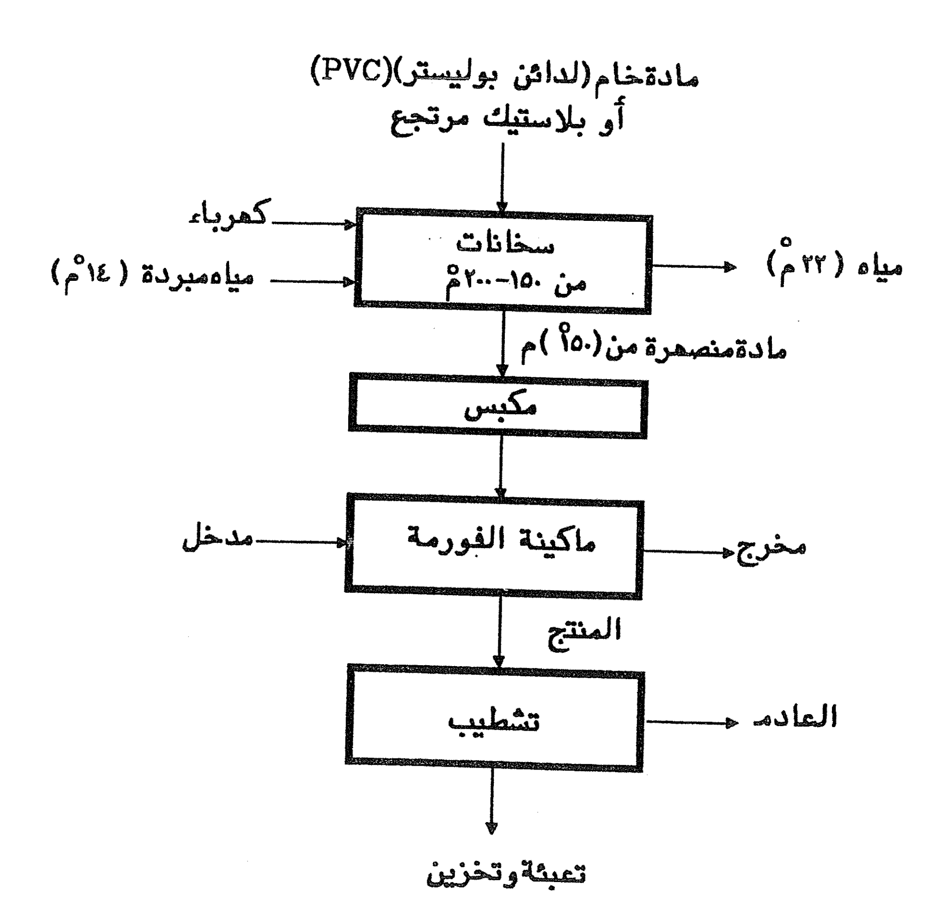
١٢ - صناعة المواد الكيميائية

يوضح شكل (٥ - ٤٢) مراحل انتاج مواد كيميائية

١٣ - صناعة المواد الغذائية

يوضح شكل (٥ - ٤٣) مثال لمراحل تصنيع المكرونه.

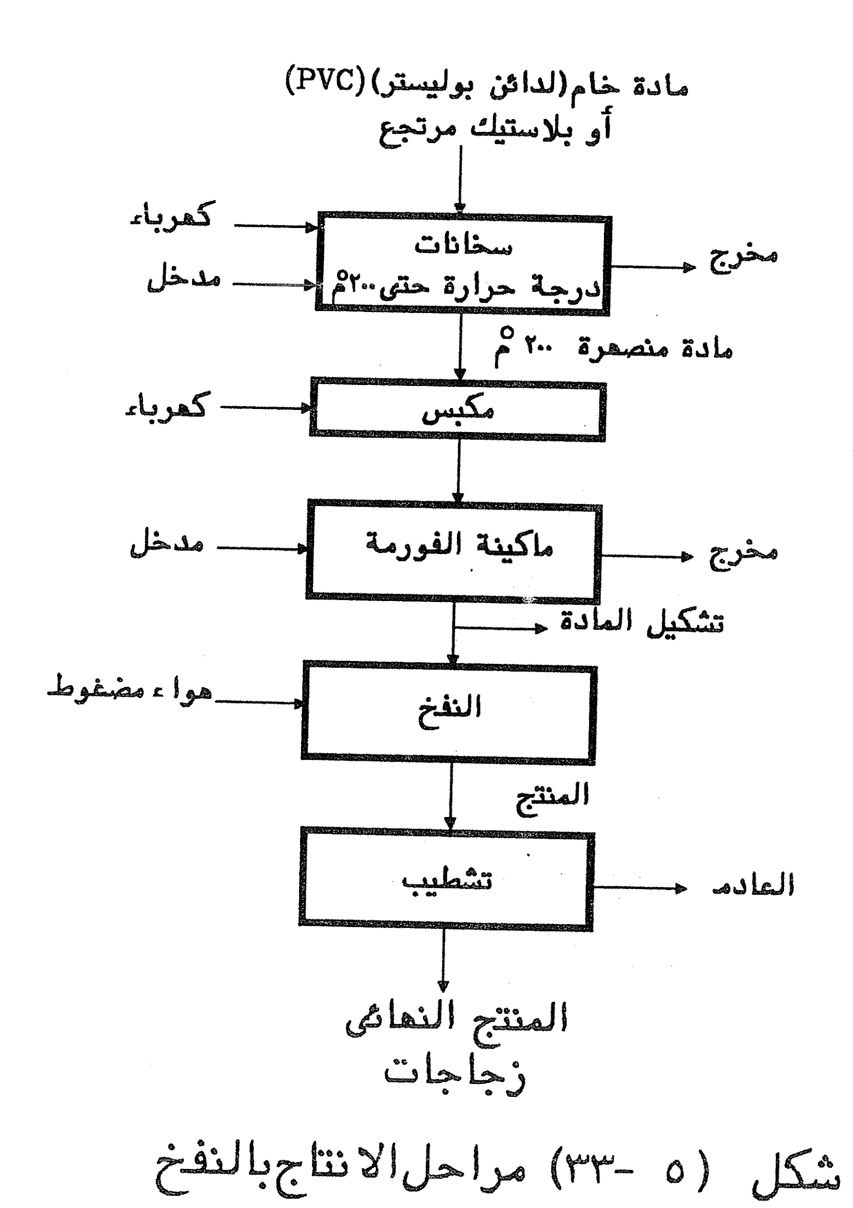
ويبين شكل (٥ - ٤٤) مثالين لمراحل تصنيع البسكويت العادى والمحشو



شكل (٥ - ٣٢) مراحل الانتاج بالحقن

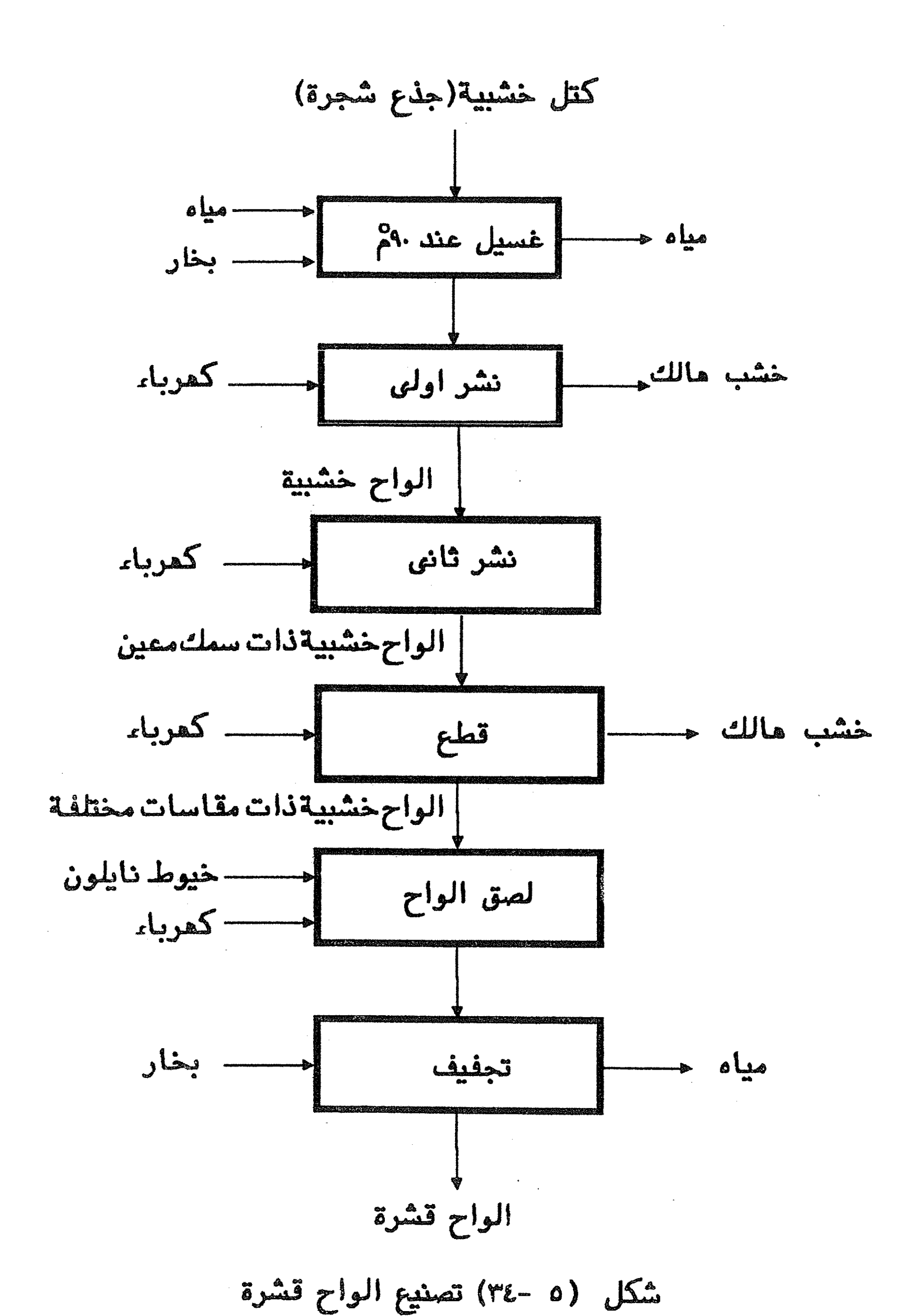
المنتج عباره عن ملاعق بلاستيك أدوات بلاستيك للصياد له، اطباق، كراسى..

(ادارة طلب الطاقه - ٢)



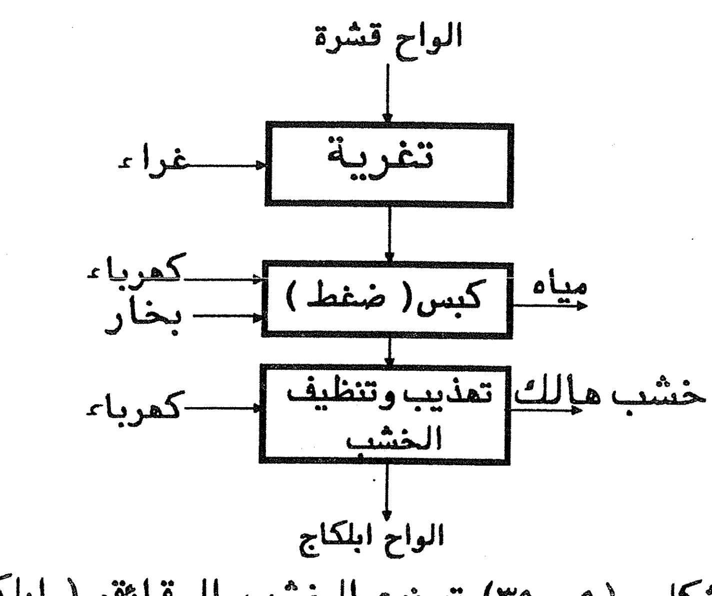
شكل (٥ -٣٣) مراحل الانتاج بالنفخ

(ادارة طلب الطاقه - ٢)

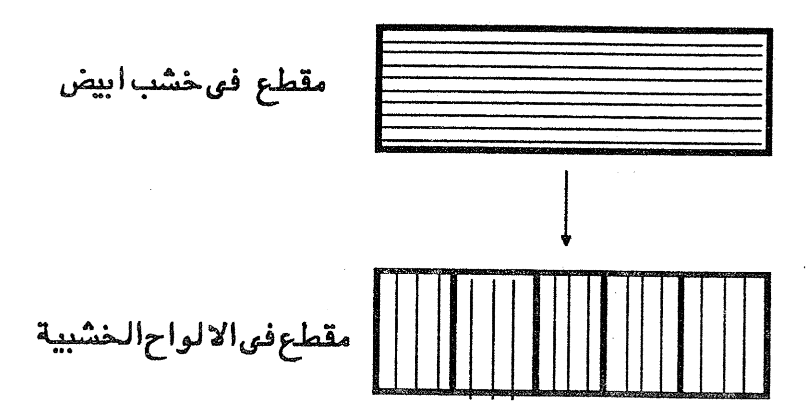


شكل (٥ -٣٤) تصنيع الواح قشرة

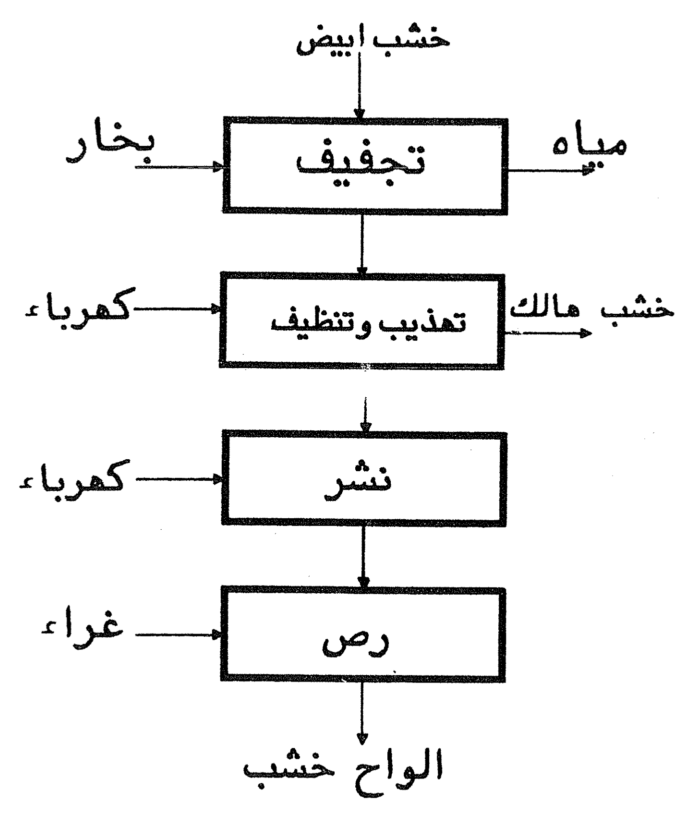
(ادارة طلب الطاقه - ٢)



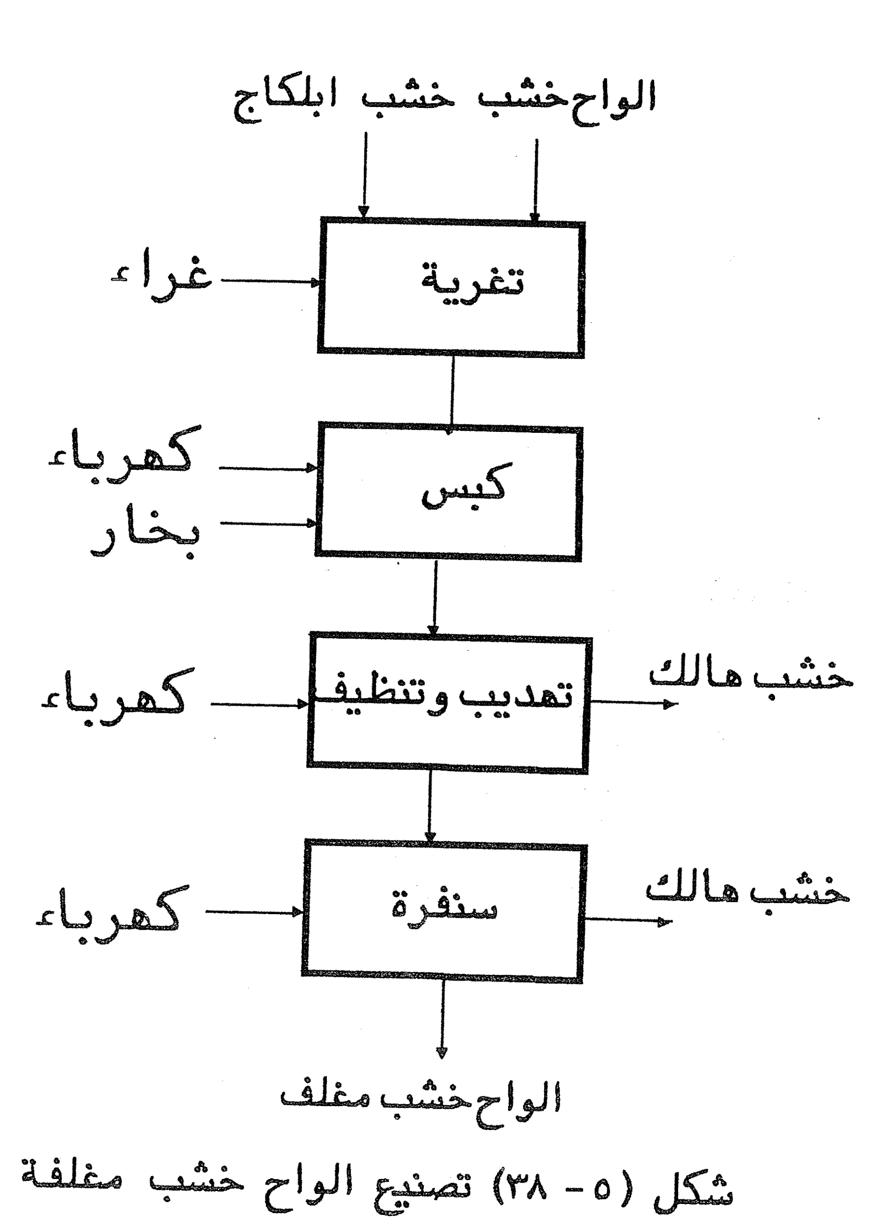
شكل (٥ -٣٥) تصنيع الخشب الرقائقى(ابلكاج)



شكل (٥- ٣٦) تركيبة الخشب الابيض والالواح الخشبية

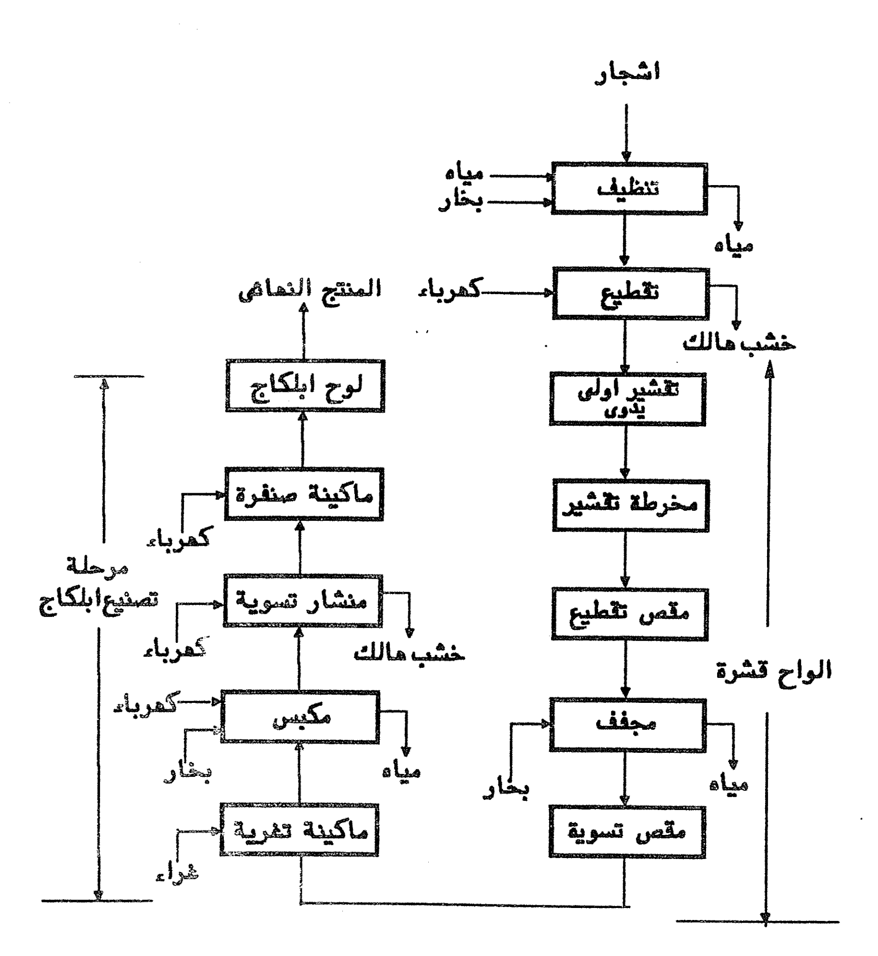


شكل (٥ -٣٧) تصنيع الالواح الخشبية

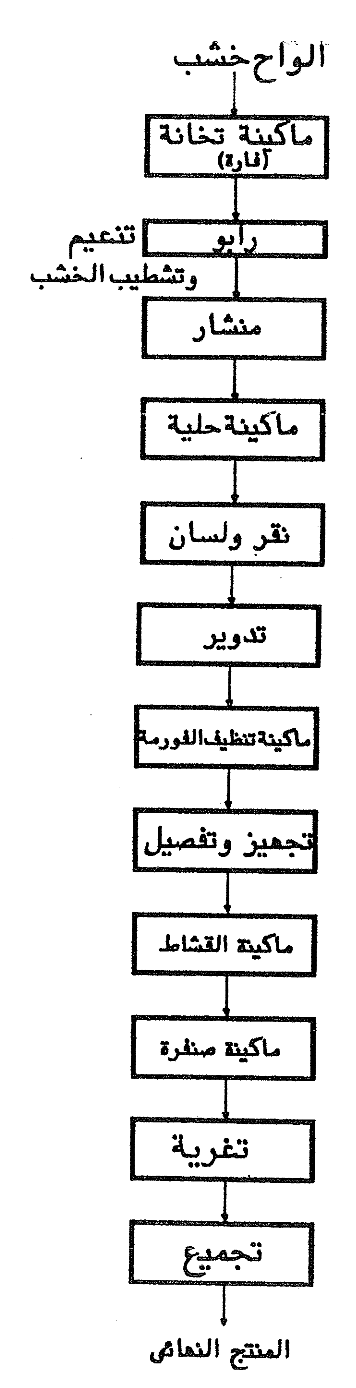


شكل (٥- ٣٨) تصنيع الواح خشب مغلفة

(ادارة طلب الطاقه – ٢)

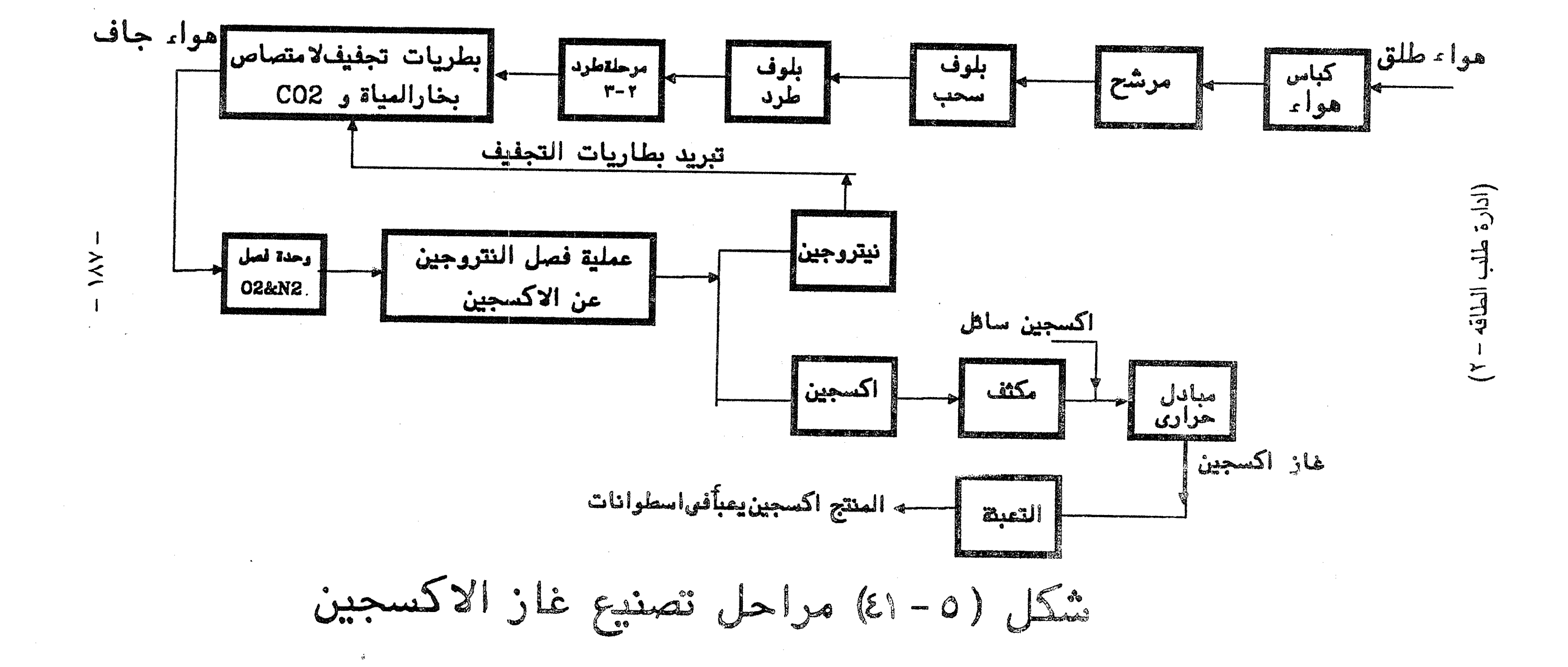


شكل (٥ -٣٩) تصنيع الواح ابلكاج باستخدام كتل خشبية

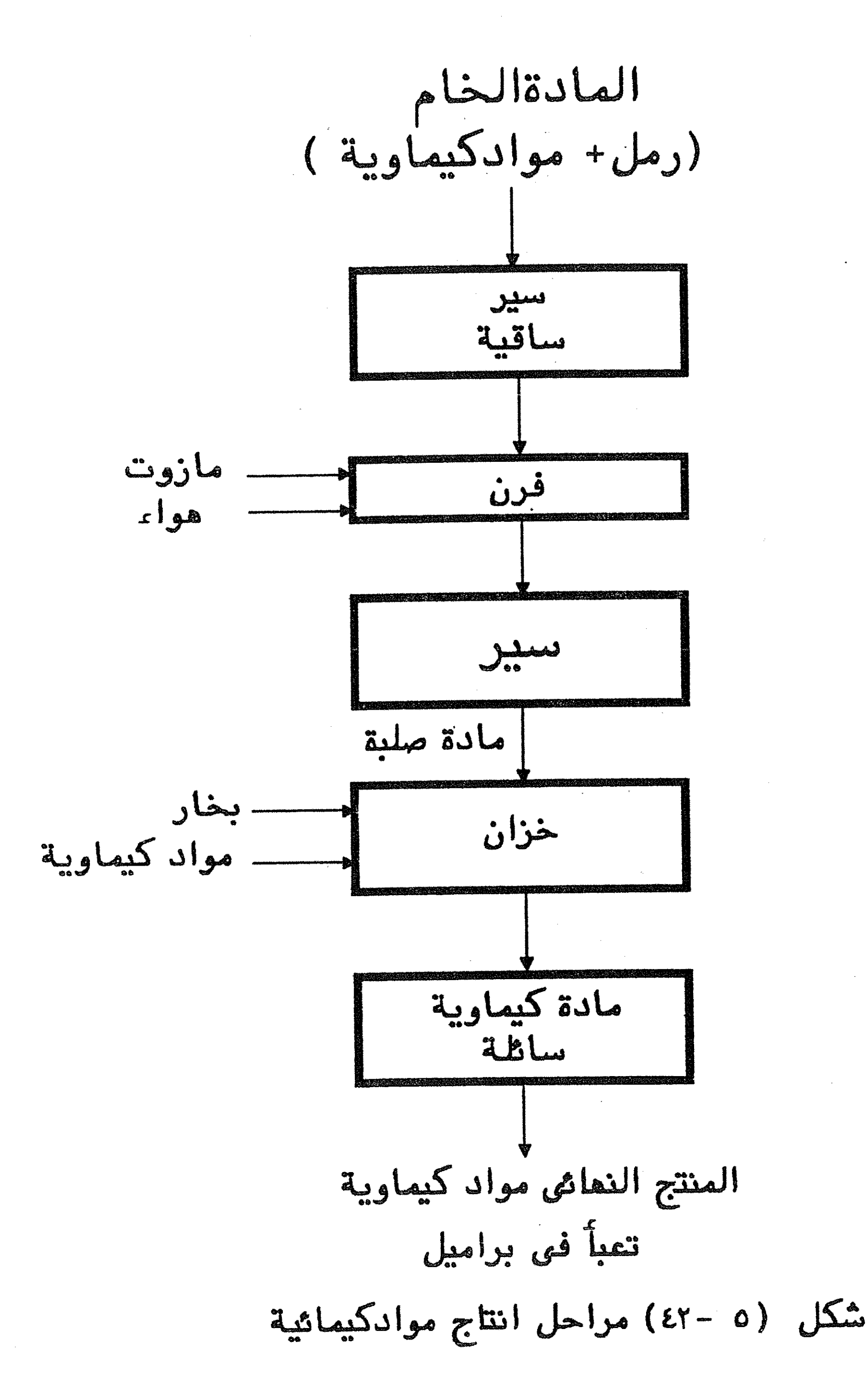


شكل (٥ - ٤٠) مراحل تصنيع وتجميع قطع موبيليا

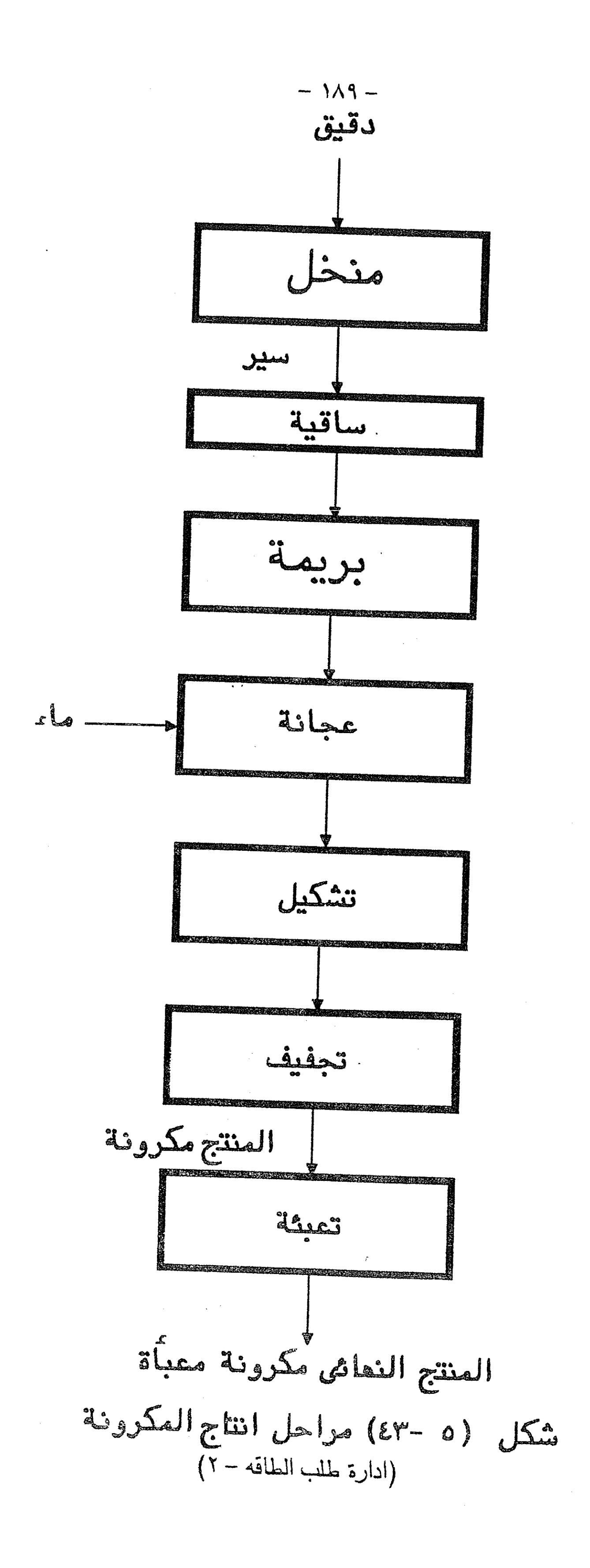
(ادارة طلب الطاقه - ٢)



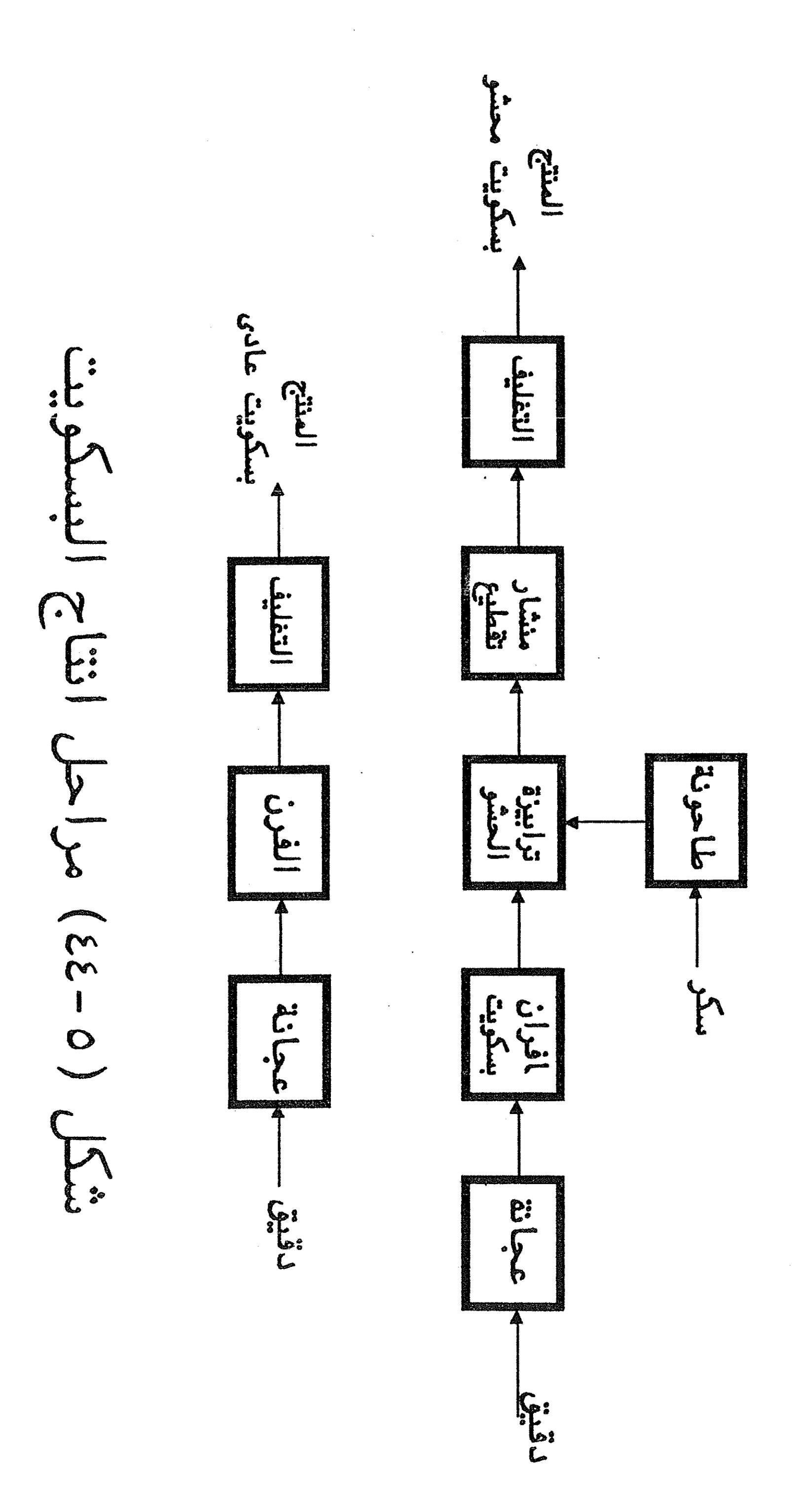
شكل (٥-٤١) مراحل تصنيع غاز الاكسجين



شكل (٥ -٤٢) مراحل انتاج موادكيمائية



شكل (٥ -٤٣) مراحل انتاج المكرونة
(ادارة طلب الطاقه - ٢)



شكل (٥-٤٣) مراحل انتاج البسكويت

(ادارة طلب الطاقه – ٢)

الباب السادس
تطبيقات
Applications

للحصول على نتائج ناجحة من عمليات مراجعات الطاقه يجب التفهم الكامل لمكونات المنشأة تحت الدراسة وأية الاجهزة الاكثر استهلاكا للطاقه.

أ - قطاع الصناعة *(Industrial sector)*

عادة تصنف المنشآت الصناعية من حيث طلب القدرة كالآتى :

* منشآت صناعية كبيره وهى المنشآت ذات طلب القدرة اكبر من ٥٠٠ ك. وات (حسب التعريفه الكهربائية داخل مصر).

* منشآت صناعية صغيرة ومتوسطه (حسب التعريفه الكهربائية داخل مصر).

وهى المنشآت التى يتحقق لها أربعة من العوامل الآتية :

١ - يتراوح عدد العاملين فيها من ١٠ إلى ٥٠

٢ - لا يتعدى إجمالى الاصول مبلغ ٥٠٠٠٠٠ جنيه مصرى.

٣ - قدرة الماكينات لا تقل عن ١٤ ك. وات.

٤ - الماكينات المستخدمة للانتاج أما أن تكون يدويه أو شبه آليا.

٥ - أغلب المواد الخام المستخدمة فى عمليات الانتاج تكون محليه.

٦ - لا تزيد المساحة المقام عليها المصنع عن ٢٠٠٠ متر مربع.

٧ - لا تقل القيمة الصافيه *(net value)* للمنتج السنوى عن ضعف رأس المال المستثمر *(Capital investment)*.

سنوضح فيما يلى بعض القيم التقديريه والتى يمكن استخدامها كدليل.

يوضح جدول (٦ - ١) الطاقه الكلية المستهلكه ونسبه الاستهلاك لكل صناعه بقطاع الصناعة بمصر (من احصائية عام ١٩٩٠ / ١٩٩١) ويوضح هذا الجدول أن:

* استهلاك الصناعات الصغيرة والمتوسطة حوالى ١١٪ من الاستهلاك الكلى لقطاع الصناعة.

* تستهلك صناعة المعادن اقصى استهلاكات الطاقة ٣٢,٢٪.

* تستهلك صناعة البتروكيماويات أقل استهلاكات الطاقه.

يشير جدول (٦ - ٢) إلى الحدود والقيم المقترحة لاستهلاكات الكهرباء لمكونات المنشآت

الصناعية تبعا لنوع الصناعة بمصر ويوضح هذا الجدول أن :
* المحركات هى أكثر المعدات استهلاكا للكهرباء.
* صناعات الورق والاغذية وتكرير البترول والمواد غير المعدنية هى أكثر الصناعات استهلاكا للكهرباء.
* الاضاءة بصناعات الدهانات والنسيج والملابس والمفروشات والجلود ذات استهلاك عالى.

وعليه يتضح أن أكثر مصادر فرص ترشيد استخدام الكهرباء بقطاع الصناعة يتم بتحسين كفاءه المحركات. بينما يتم التخطيط لنجاح برنامج ادارة طلب الطاقه *(DSM)* بمعرفة وفهم استخدامات المحركات بالصناعات المختلفة.

يوضح جدول (٦ – ٣) نسبه استهلاك الكهرباء فى المحركات الكهربائية والميكانيكية كذلك استهلاكات المحركات الكهربائية لكل من :

١ – الطلمبات والمراوح والكباسات.
٢ – مناولة المواد.
٣ – العمليات الصناعية للمواد.

وذلك لانواع الصناعات المختلفة بالولايات المتحدة الامريكية.

لكل من هذه الأنواع الثلاثة فرص ترشيد متعددة لتحسين الكفاءة منها :

١ - الطلمبات والمراوح والكباسات *(Pumps, fans and compressors)*

بالتحكم فى قدرة المدخل يتم تغيير معدل سريان المائع وبالتالى تحسين الكفاءه، ويمكن تقليل استهلاك الكهرباء للاحمال المتغيره المرتفعة، نتيجة طبيعة ديناميكية المائع، كذلك يمكن تقليل الطاقه المستهلكة لمعدات الربط أو معدات العمليات النهائية.

٢ - مناولة المواد *(Materials handling)*

مثل الناقلات *(Conveyors)* ورافعات *(Hoists)* وأوناش *(Cranes)* كذلك معدات نقل المواد وتخزينها للعميات الصناعية.

يمكن تحسين كفاءه بعض هذه المعدات خاصة الناقلات حيث يمكن الوصول إلى بعض فرص الترشيد المحسوسة بإعادة تصميم هذه المعدات أو اعادة جدولتها وعمليات التخزين والتحكم.

٣ - معدات التشغيل للمواد *(Materials processing equipment)*

تختلف هذه المعدات اختلافا كبيرا من صناعة إلى أخرى. ومن عملية إلى أخرى مثل عمليات الخلط والضغط والتشكيل والقطع.

يتم تحسين الكفاءة بدرجة عالية عن طريق تحسين التحكم الآلى للعمليات أو الاحلال بمعدات أكثر كفاءة أو استخدام معدات ذات كفاءة عاليه.

ويوضح جدول (٦ -- ٤) المكونات الاساسية للمصانع تبعا لتصنيف القطاعات الصناعية الصغيرة والمتوسطة بمصر. ويتضح منها احتواء جميع المصانع على كباسات هواء (ضواغط) ومولدات ديزل وورش.

جدول (٦ - ١)

الطاقه الكلية المستهلكة بقطاع الصناعة بمصر (احصائية عام ١٩٩٠ / ١٩٩١) مصنفة تبعا لنوع الصناعة

نوع الصناعه	استهلاك الطاقه سنويا Gwh	نسبه الاستهلاك (٪)
المعادن *(Metallic)*	٥٥٣٢,٤	٣٢,٢
الكيماويات *(Chemical)*	٣٠١٤,٨	١٧,٦
الاسمنت *(Cement)*	١٦٩٢,٤	٩,٩
الغزل والنسيج *(Weaving & Textiles)*	١٥٦٧,٣	٩,١
تنقيه البترول *(Petroleum Purification)*	٩٨٥,٧	٥,٨
صناعة الاغذيه *(Food)*	٩٢٨,٧	٥,٤
الصناعات الهندسية *(Engineering)*	٣٤٩,٨	٢,٠
التعدين ومقاومه الصهر *(Mining ، Refractory)*	٢١٧,٩	١,٣
البتروكيماويات *(Petrochemical)*	٢,٧	٠,٠
الصناعات الاخرى	٩٨٠,٢	٥,٧
الصناعات الصغيرة والمتوسطة (طلب القدرة أقل من ٥٠٠ ك. وات)	١٨٨٢,٥	١١,٠
الاجمالى	١٧١٥٤,٣٥	١٠٠

(ادارة طلب الطاقه - ٢)

جدول (٦ - ٢) حدود نسبه استهلاكات الكهرباء المستخدمة فى الصناعات المختلفة بمصر

الصناعه	نسبه الاستهلاك			
	المحركات Motor Drives	التسخين (heat)(للعمليات أومباشرة)	التحليل بالكهرباد Electrolytics	الاضاءة والاخريات
الكيماويات (Chemicals)	٦٠ – ٨٠	صفر – ١٠	١٠ – ٢٠	١ – ٩
اللب والورق (pulp & Paper)	٩٠ – ٩٩	صفر – ١٠	صفر	١ – ٥
الاغذية والمشروبات (Food & Beverage)	٨٠ – ٨٥	١ – ٥	صفر	١٠ – ١٥
تكرير البترول (Petroleum Refining)	٩٥ – ٩٩	صفر – ٢	صفر	١ – ٤
منتجات ماكينات النسيج (Textile mill products)	٧٥ – ٨٥	٢ – ٥	صفر	١٥ – ٢٠
المعادن الاولية (Primary Metals)				
سبائك الحديد والصلب	٧٠ – ٧٥	١٥ – ٢٥	صفر	٥ – ١٠
سبائك لا حديديه	٣٠ – ٤٠	٢٠ – ٢٥	٣٠ – ٤٠	٥ – ١٠
المواد غير المعدنية (Non - Metallic)				
السيراميك	٩٠ – ٩٥	صفر	صفر	٥ – ١٠
أسمنت	٩٠ – ٩٥	صفر – ٥	صفر	٥
زجاج	٥٠ – ٨٠	١٠ – ٤٠	صفر	١٠
وسائل النقل (Transportation Equipment)	٤٥ – ٦٥	٢٠ – ٤٠	صفر – ١	١٠ – ١٥
الماكينات (Machinery)	٥٠ – ٦٠	٣٠ – ٣٥	صفر – ١	١٠ – ١٢
الاجهزة الكهربائيه (E lectrical Equipment)	٦٠ – ٩٠	صفر – ١٥	صفر	١٠ – ٢٠
منتجات المعادن المصنعه (Fabricated Metal Product)	٤٠ – ٦٠	٢٠ – ٤٥	٥ – ١٥	٥ – ١٠
الاجهزة (Instruments)	٧٥ – ٨٥	١ – ١٠	صفر	١٠ – ١٥
منتجات المطاط والبلاستيك (Plastic & Rubber)	٧٠ – ٧٥	١٠ – ٢٠	صفر	٥ – ١٥
منتجات الاخشاب والالواح (lumber & Wood)	٧٥ – ٩٠	١ – ٣	صفر	٩ – ٢٢
الطباعة والتلميع (Printing & Polishing)	٦٥ – ٧٠	٦ – ٧	صفر	٢٣ – ٢٩
منتجات النسيج والملابس	٧٠ – ٨٠	٣ – ٥	صفر	١٥ – ٢٥
المفروشات	٧٥	٥	صفر	٢٠
منتجات الجلود	٤٥ – ٥٥	صفر – ١٠	صفر	٤٥
الاخرى	٧٥	صفر – ١٠	صفر	١٥ – ٢٥

(ادارة طلب الطاقه – ٢)

جدول (٦ - ٢) نسبه استهلاك الكهرباء للمحركات وانواع واستهلاكات المحركات للاغراض المختلفة بالصناعة فى الولايات المتحدة الأمريكية (عام ١٩٩٠)

الصناعه	انواع وسيلة التدوير: محرك كهربى	انواع وسيلة التدوير: محرك ميكانيكى	استخدامات المحركات الكهربائية: طلمبات ومرواح وكباسات	استخدامات المحركات الكهربائية: أجهزة مناولة المواد	استخدامات المحركات الكهربائية: عمليات المواد
الكيماويات Chemicals	٨٨	١٢	٧٥	١٥	١٠
اللب والورق Pulp & Paper	٩٦	٤	٣٧	٣٢	٣٢
الاغذية والمشروبات Food & Beverage	٩٤	٦	٤٤	٢٨	٢٨
تكرير البترول Petroleum Refining	٨١	١٩	٧٥	١٥	١٠
منتجات ماكينات النسيج Textile mill products	٩٧	٣	٢٠	٣٥	٤٥
منتجات التبغ Tobacco products	٩٤	٦	٢٤	٣٥	٤١
المعادن الاولية primary Metals	٩٦	٤	٢٠	٣١	٤٩
المواد غير المعدنية Non - Metallic Minerals	١٠٠	صفر	٢١	٣٦	٤٣
معدات النقل Transportation equipment	١٠٠	صفر	٣٥	٢٨	٣٧
الماكينات Machinery	١٠٠	صفر	١٨	٤٢	٤٠
المعدات الكهربائية Electrical equipment	١٠٠	صفر	٣١	١٩	٥٠
منتجات المعادن المصنعه Fabricated Metal products	١٠٠	صفر	٢٢	٣١	٤٧
الاجهزة Instruments	١٠٠	صفر	١٦	٢٨	٥٥
منتجات المطاط والبلاستيك Plastic & Rubber Products	٩٦	٤	٣١	٣٨	٣١
منتجات الاخشاب والالواح Lumber & Wood Products	٩٩	١	٢١	٤٤	٣٥
الطباعه والتلميع Printing & polishing	١٠٠	صفر	٢٧	٣٥	٣٩
منتجات النسيج والملابس Apparel, textile products	١٠٠	صفر	١٨	٣٠	٥٢
المفروشات Furniture	١٠٠	صفر	١٧	٢٣	٦٠
الجلود ومنتجات الجلود leather and leather products	١٠٠	صفر	٢٠	٢٠	٦٠
الاخرى	١٠٠	صفر	١٦	٣٤	٥٠
المجموع	٩٤	٦	٤٣	٢٧	٣٠

* المحرك الميكانيكى : ماكينه ديزل *(Desile Engine)* أو تربينه غازيه *(Gas Turbine)*

جدول (٦ - ٤) المكونات الاساسية للمصانع تبعا لتصنيف القطاعات الصناعية (الصغيرة والمتوسطة)

المعدات	تصنيف قطاعات الصناعة						
	الهندسية Engineering	المعدنية Metallurgical	الاغذية Food	التعدين Mining	النسيج Textile	الكيماويات Chemical	الاخشاب Wood
الغلايات Boilers			✓	✓	✓	✓	✓
افران التجفيف / المعالجة Furnaces	✓			✓			
ماكينات القطع Cutting M / C	✓	✓				✓	✓
ماكينات الصباغه Dyeing M / C					✓		
ماكينات التجفيف Drying M / C					✓	✓	✓
ماكينات الغزل Spinning M / C					✓		
كباسات هواء (ضواغط) Compressors	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ماكينات الطباعة Printing M / C						✓	
وحدات التبريد Cooling Units	✓		✓			✓	
ماكينات ضغط هيدروليكى Hydraulic press M / C	✓					✓	✓
محرقات Incinerators			✓				
طلمبات Pumps	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
خلاطات Mixers			✓				
مولدات ديزل Diesel / Generators	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ورش Workshop M / C	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

(ادارة طلب الطاقه - ٢)

ب - القطاع التجارى *Commercial Sector*

يصنف القطاع التجارى إلى : فنادق - مطاعم - محلات تجاريه - مستشفيات - مدارس - مكاتب - معارض - صيدليات.

يوضح جدول (٦ - ٥) المعدات المستهلكة للكهرباء بالقطاع التجارى ويتضح من هذا الجدول أن الاضاءة والتكييف والمبردات من المكونات الرئيسية المستهلكة للكهرباء فى جميع أنشطة القطاع التجارى.

جدول (٦ - ٥) المعدات المستهلكة للكهرباء بالقطاع التجارى

المعدات	الفنادق	المطاعم	محلات تجاريه (بيع بالتجزئة)	مستشفيات	مدارس	مكاتب	معارض
الاضاءة *Lighting*	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
تكييف ساخن / بارد *Cooling / heating*	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
المصاعد *Elevators*	✓			✓			
مطابخ *Cooking*	✓	✓					
مضخات مياه *Water pumps*	✓	✓		✓			
سخانات مياه *Water heater*	✓	✓		✓	✓	✓	
مبرد *Refrigeration*	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

فرص ترشيد استخدام الطاقه ورفع كفاءتها

من خبرات الدول المتقدمة والمنفذه لتكنولوجيات ترشيد ورفع كفاءة استخدام الطاقه، يمكن الاسترشاد بقيم نسب الوفر بهذه الدول فمثلا فى القطاع الصناعى تقدر النسبه الممكنه لرفع كفاءة استخدام الكهرباء والغاز وزيت الوقود بحوالى ٣٠٪ وفترة استرداد حوالى ثلاثة سنوات أو أقل بالنسبة للاستثمارات المصاحبة لذلك. بينما فى القطاع السكنى فان نسبه تحسين استخدام الكهرباء تقدر بـ ١٥٪ عن طريق تطبيق تكنولوچيات الأضاءة والاجهزة الكهربائية عالية الكفاءة.

يوضح جدول (٦ – ٦) تقدير لنسب الوفر فى حالة تطبيق تكنولوچيات تحسين كفاءة استخدام الطاقه بالقطاعات المختلفة ولمصادر الطاقه المستخدمة فى مصر كنسبه من مصدر الطاقه لكل قطاع. هذه البيانات ترجمت إلى جدول رقم (٦ – ٧) الذى يعطى تقدير لوفر الطاقه كنسبة من الطاقه الكلية فى مصر (طن بترول مكافئ *TOE*).

ويلاحظ من الجداول السابقة أن أغلب فرص ترشيد استخدام الطاقه تحدث نتيجة لتقليل استهلاك زيت الوقود بالصناعة خاصة منتجات البترول. هذا لا يرجع فقط إلى تحسين الكفاءة بالصناعة ولكن أيضا إلى أن الصناعة تستهلك أكبر كمية من منتجات البترول.

وبالنسبة لاستخدامات الكهرباء، فان وفر الطاقه يكون أكبر فى الصناعة، والتى تستهلك أكبر جزء من الكهرباء (حوالى ٥٠٪ بعض اضافه استهلاكات مرافق الخدمات الحكومية) وتزيد نسبه الوفر إذا أخذ فى الاعتبار فرص الترشيد باستخدام التوليد المشترك ويعتبر القطاع السكنى ثانى أكبر مصدر لوفر الطاقه الكهربائية وذلك باستخدام الاضاءة عاليه الكفاءة والثلاجات الموفرة للطاقه.

ويوضح جدول (٦ – ٨) تقييم الوفر الناتج من تطبيق إدارة طلب الطاقه *DSM* بالصناعات فى مصر ويوضح الجدول تقارب نتائج المسح الذى تم بمصر بالدليل العالمى للطاقه.

بينما يوضح جدول (٦ – ٩) تصنيف معدات فرص الترشيد تبعا لنوع الوقود وقطاع الاستهلاك

جدول (٦ - ٦) ملخص لتقدير نسبة الوفر في حالة تطبيق وسائل تحسين كفاءة استخدام الطاقه بالقطاعات المختلفة لمصادر الطاقه المستخدمه كنسبه من مصدر الطاقه لكل قطاع

مصدر الطاقه	القطاع السكنى (%)	القطاع التجارى (%)	القطاع الصناعى (%)
الكهرباء	٥ – ١٥	٥ – ١٥ –	١٠ – ٣٠ بتطبيق تحسين كفاءة الاستخدام
			١٠ – ٤٠ بتطبيق التوليد المشترك
البترول	١٠ – ٣٠	-	٢٠ – ٤٠
الغاز الطبيعى	-	-	١٠ – ٤٠

المصدر (المرجع رقم (١)).

جدول (٦ - ٧) ملخص لتقدير وفر الطاقه كنسبه من الطاقه الكلية فى مصر (طن بترول مكافئ) (TOE)

مصدر الطاقه	القطاع					المجموع (%)
	السكنى (%)	التجارى (%)	الصناعى (%)	الزراعى (%)	الاخرى (%)	
الكهرباء	٠,٦ – ١,٨	٠,١ – ٠,٣	١,٨ – ٥,٢(effic)	-	٠,١٥ – ٠,٠٤٥	٢,٧ – ٧,٨
		-	١,٨ – ٧,٠ (cogen)			١,٨ – ٧,٠
منتجات البترول	١,٣ – ٣,٦	-	٤,٣ – ٨,٦	-	-	٢,٦ – ١٢,٥
الغاز الطبيعى	–	-	٠,٩ – ٣,٦	-	-	٠,٩ – ٣,٦
الطاقه المتجددة	١,٠	٠,١ – ٠,٣	٢ – ٣	-	-	٣ – ٤
المجموع	٢,٩ – ٦,٧		١٠,٨ – ٢٧,٤	-	٠,١٥ – ٠,٠٤٥	١٤ – ٣٤,٩

المصدر (المرجع رقم ١)

جدول (٦ - ٨) تقيم الوفر الناتج من تطبيق ادارة طلب الطاقه DSM بالصناعة فى مصر

مجموعات الصناعات الكبيرة	المجموعة الفرعيه للصناعات	الطاقه المستخدمة (١٩٩٠/ ١٩٩١) ١٠٠٠ طن بترول مكافئ	تقيم الوفر الناتج من تطبيق DSM على اساس مقارنه بالدليل العالمى (٪)	من نتائج مراجعات الطاقه بمصر ٪
المعدنية		٢٩١٢		
	– الحديد والصلب		٤٠	-
	– المعادن غير الحديديه		٤١	٣٢
	– الألومنيوم		٢–	٣
	– التشكيل بالحداده		٥٢	-
الاسمنت		٢٦٢١	٣٤	٢٢
الكيماويات		١٨٦٣		
	– الاسمدة		٢٩	٢٨
	– الورق		٤٠	٣٢
	– البلاستيك		١١	-
	– الاطارات		٤٦	٢٥
	– الفحم والكيماويات		-	٥١
	– الجلود		-	٣٢
الغزل والنسيج		١٠١٧	٢٤	٣٣
الاغذية		٦٩٩		
	– السكر		٣٨	٢٨
	– المخبوزات		٥٣	-
	– المعلبات		٥٢	٣٦
المواد المقاومة للصهر	– الزجاج	١٩٠	٥٦	١٨
الهندسية	– الثلاجات	٧٢	-	٥
الاخرى		١٧١٥		

المصدر (المرجع رقم ١)

جدول (٦ - ٩) تصنيف معدات فرص الترشيد تبعا لنوع الوقود وقطاع الاستهلاك

مصدر الطاقه	القطاع	معدات فرص الترشيد
الكهرباء	الصناعى	- المحركات - مديرات السرعة المتغيره - نظم التحكم لادارة طلب الطاقه - تحسين معامل القدره - التوليد المشترك
	التجارى والحكومى	- الاضاءة - التكييف المركزى
	السكنى	- الاضاءة - الثلاجات - سخانات المياه - أجهزه التكييف - سخانات المياه الشمسية
	المبانى التجاريه والسكنيه الجديدة	- الاستفاده من ضوء النهار
	الزراعى	- طلمبات المياه
الغاز والبترول	الصناعى	- التحكم فى العمليات والاحتراق - الولاعات والغلايات - المواد العازله - المواد المقاومه للصهر - استعادة الحرارة المفقودة - التوليد المشترك
	السكنى	- سخانات المياه - سخانات المياه الشمسيه - معدات الطهى

(ادارة طلب الطاقه - ٢)

اقتصاديات الكفاءة *Economics of Efficiency*

فيما يلى سنتعرض لتكلفه رفع كفاءة استخدام الطاقه الكهربائية والبترول والغاز.

تكلفه رفع كفاءه استخدام الطاقه الكهربائيه

توجد دراسات متعددة قدرت تكلفه رفع كفاءة استخدام الطاقه فى مصر. سنتعرض لهذه القيم للاسترشاد بها، فمثلا :

- قدرت تكلفه تطبيق اداره طلب الطاقه *DSM* فى قطاع الصناعة بأقل من ٠,٠٢ دولار لكل *kwh*
- قدرت تكلفه القياسات الكهربائية بأقل من ٠,٠١ دولار لكل *kwh* للمعدات الآتيه : المحركات ـ المراوح ـ المضخات ـ مكابس الهواء.
- قدرت تكلفة القياسات الكهربائية بحوالى ٠,٠٢ دولار لكل *kwh* لنظم الاضاءة والثلاجات.
- قدرت تكلفة القياسات الكهربائية بحوالى ٠,٠٤ دولار لكل *kwh* لبعض أنواع المحركات ومديرات السرعة *(drives)*.
- قدرت تكلفة القياسات الكهربائية لنظم الاضاءة بأقل من ٠,٠٢ دولار لكل *kwh* ماعدا اللمبات الموفره للطاقه *CFLs (Compact fluorescent lamps)* وكابحات التيار الالكترونيه فان التكلفه حوالى ٠,٠٣ دولار لكل *kwh*.

فى الولايات المتحدة الأمريكية قدرت تكلفة رفع كفاءة الثلاجات بحوالى ٠,٠١ – ٠,٠٢ دولار لكل *kwh* بينما لوحدات تكييف الهواء بالمنازل والتكييف المركزى بالمبانى التجارية والحكوميه بحوالى ٠,٠٢ – ٠,٠٤ دولار لكل *kwh*.

تكلفه رفع كفاءة استخدام زيت الوقود والغاز الطبيعى

تكون حدود قياسات الكفاءة الحرارية من ١ : ٤ دولار لكل *TOE* لعمليات الصيانه إلى ١١ : ٣٥ دولار لكل *TOE* للتحكمات وتحسين الحرارة المفقوده وضبط الولاعات (قارن هذه القيم بالسعر العالمى للبترول وهو ١١٠ – ١٢٠ دولار لكل *TOE*)

لا توجد أسعار عالمية قياسية للغاز لاستخدامها للمقارنه ولكن توجد اسعار محلية، وللمقارنه فان اسعار الغاز الطبيعى بالولايات المتحدة الامريكية فى حدود ٩٠ : ٩٥ دولار لكل *TOE* (طن بترول مكافئ).

تكلفة تطبيق اداره طلب الطاقه *DSM* بالصناعه

يوضح جدول (٦ – ١٠) تكلفه تطبيق تكنولوجيا رفع كفاءه استخدام الطاقه بالصناعة بوحدات *($ / TOE)* أو *($ / kwh)* أو *($ / kw)* اعتمادا على نوع التطبيق.

جدول (٦ - ١٠) تكلفة تطبيق DSM بالصناعة

التكلفه			تكنولوجيا كفاءة الطاقه
$ / kw	$ / kwh	$ / TOE	
		١,٤	صيانه مصايد البخار *Steam trap maintenance*
		١,٢	عزل مواسير الغاز *Steam pipe insulation*
		١٤,٩	استرجاع المتكاثف الساخن *Condensate / HW Return*
		٣,٧	تحليل وضبط الاحتراق *Combusion Analysis / Adjustment*
		١١ - ٣٣	التحكم في الاحتراق *Combusion Controls*
		١٤ - ٣٥	الاشتعال الذاتى للولاعات *Self - Regenerative Burners*
		١٨ - ٢٢	استعادة الحرارة المفقودة *Waste Heat Recovery*
		١٨ - ٤٧	المواد العازله والمقاومه للحرارة *Insulation & Refractories*
		١١ - ٢٠	التحكم في العمليات *Process Controls*
		٢٣ - ٣٤	احلال الافران *Combined Furnace Rehabilitation*
١٨٨	٠,٠١١ - ,٠٠٢		معالجة المياه *Water treatment*
		١٨٩	استعادة غازات العادم *Flue gas CO_2 Recovery*
٩٠ - ٢٤٠			تحسين معامل القدره *Power Factor correction*
	٠,٠١٦	٩٠	نظم ادارة الطاقه *Energy management system*
	٠,٠٢		عمليات استخدام الهالك *Scrap processing*
١٣٠٠ - ٢٣٠٠			التوليد المشترك *Cogeneration*
	٠,٠١		استبدال كباسات الهواء *Air compressor Replacement*
	٠,٠٠٨		استبدال المبردات *Chiller Replacement*
	٠,٠٤٤ - ,٠٠٨		المحركات عاليه الكفاءة *High Efficiency Motors*
	٠,٠٤٤ - ,٠٠٧		مديرات السرعة المتغيره *Adjustable speed drives*
	٠,٠٠٧		المراوح والمضخات عاليه الكفاءة *Optimization of pump & Fans*
	٠,٠٠٧ - ٠,٠٠٤		مرواح متغيرة الخطوه *Variable pitch fans*
	٠,٠١٥ - ,٠١٣		محركات هيدروليكيه *Hydraulic Drives*
	٠,٠٠٢		تحسين نظم الهواء المضغوط *Compressed air system improvements*
	٠,٠١٨ - ٠,٠٠٨		الاضاءة عالية الكفاءة *High efficiency lighting*
	,٠٢٨ - ٠,٠٢٥		تحسين تحكم المبردات *Refrigeration control improvements*

المصدر (المرجع رقم ١)

اسعار الطاقه فى مصر

- اسعار الطاقه الكهربائيه

كما فى جدول (٦ - ١١)

- اسعار البترول

زيت رقم ٦	*(Oil # 6)*	١٣٠ جنيه مصرى لكل طن
زيت رقم ٢	*(Oil # 2)*	٠,٤ جنيه مصرى لكل لتر
غاز طبيعى		٠,١٤٢٥ جنيه مصرى لكل متر ٣

- اسعار المياه

مياه التغذية	٠,٦ جنيه مصرى لكل متر مكعب

من فرص ترشيد استخدام الطاقه ذات التكلفة المنخفضة أو بدون تكلفة

(No Cost / Low cost)

١ - تحسين كفاءة الغلايه

بمتابعه الكشف عن غازات العادم وبضبط الغلايه يمكن تحسين كفاءة الغلايه.

٢ - منع تسريب الهواء

باجراء صيانه دوريه لشبكة الهواء يمكن تحسين كفاءة نظام الهواء

٣ - نظافه وصيانه نظام الاضاءة

الاهتمام بنظافة اللمبات والعواكس والشبابيك

يبين جدول (٦ - ١٢) بعض الارشادات اثناء اجراءات مراجعات الطاقه الكهربائية ويوضح جدول (٦ - ١٣ أ) بعض تكنولوچيات ترشيد استخدام الطاقه ونسب الوفر الناتجة عن التطبيق وتقدير قيمة التكلفة وفترة الاسترداد البسيطة ويبين جدول (٦ - ١٣ب) أمثلة من تطبيقات تكنولوچيات ترشيد استخدام الطاقه وحدود نسبه الوفر نتيجة التطبيق.

جدول (٦ - ١١) أسعار الطاقه الكهربائية فى مصر

* اعتباراً من أول يوليو ١٩٩٣ :

الشريحة	الأسعار ١٩٩٢/٧/١	الأسعار ١٩٩٣/٧/١
*الجهد الفائق : (مليم / ك و س)		
– شركة كيما	٤٧	٤٧
– مجمع الألومنيوم	٦٨	٦٨
– شركة سوميد	٦٨	٦٨
– شركة الفيروسيليكون	٦٨	٦٨
– الأسمنت	٦٨	٦٨
* الجهد العالى : (مليم / ك و س)	١١٣,٤	١١٣,٤
* شركات الإسكان : (مليم / ك و س)	٩٠	١٠٧
*جهد متوسط ومنخفض قطاع عام وخاص واستثمار داخلى وخارجى :		
– بقدرة أكبر من ٥٠٠ ك و :		
قسط سنوى ثابت (جنيه / ك و)	٨٧,٦	٨٧,٦
سعر الطاقه (مليم / ك و س)	١٥٣,٥	١٥٣,٥
– بقدره حتى ٥٠٠ ك و :		
– الزراعة واستصلاح الأراضى. (خاص واستثمار) :		
– سعر الطاقة (مليم / ك و س)	١٠٠	٧٠
– باقى المشتركين		
سعر الطاقه (مليم / ك و س)	١٨٠	١٨٠
*المشروعات المقامه في المناطق الحرة :		
الجهد الفائق :		
– قسط سنوى ثابت (جنيه / ك و)	١٠٧,٩	*
– سعر الطاقه (مليم / ك و س)	٤٩,٥	*
الجهد العالي :		
– قسط سنوى ثابت (جنيه / ك و)	١١٢,٧	*
– سعر الطاقه (مليم / ك و س)	٩٥,١	*
الجهد المتوسط والمنخفض أقل من ٥٠٠ ك و		
– قسط سنوى ثابت (جنيه / ك و)	١٩٩,٥	*
– سعر الطاقه (مليم / ك و س)	١٣١,٩	*
الجهد المتوسط والمنخفض أقل من ٥٠٠ ك و		
– قسط سنوى ثابت (جنيه / ك و)	٤٩,٩	*
– سعر الطاقه (مليم / ك و س)	١٧٦	*
*الاستخدامات المنزلية : (مليم / ك و س)		
٥٠ ك و س الأولى	٤٠	٥٠
٥١ – ٢٠٠ ك و س التالية	٦٥	٨٣
٢٠١ – ٣٥٠ ك و س التالية	٨٠	١١٠
٣٥١ – ٦٥٠ ك و س التالية	١١٠	١٥٠
٦٥١ – ٨٠٠ ك و س التاليه	١٧٠	٢١٠
٨٠١ – ١٠٠٠ ك و س التالية	١٨٠	٢١٠
أكثر من ١٠٠٠ ك و س	٢٠٠	٢٥٠
*الاستخدامات التجارية : (مليم / ك و س)		
١٠٠ ك و س الأولى	١٠٠	١٨٠
١٠١ – ٢٥٠ ك و س التالية	١٥٠	٢٦٠
٢٥١ – ٦٠٠ ك و س التالية	٢٠٠	٣٣٢
٦٠١ – ١٠٠٠ ك و س التالية	٢١٠	٤١٠
أكثر من ١٠٠٠ ك و س	٢٣٠	٤٣٠
*الجهات الحكومية والإنارة العامة :	١٨٥,٥	٣٠٠

* نفس أسعار القطاع العام والخاص والاستثمار الداخلى.

(ادارة طلب الطاقه – ٢)

جدول (٦ - ١٢) بعض الأرشادات اثناء إجراء مراجعات الطاقه الكهربى

الحالة	العلاج
فى حالة وجود أكثر من عداد استهلاك للطاقه	التفكير فى تجميع الاحمال على عداد استهلاك واحد
اذا كان اقصى حمل (kw) اقل من القدرة التعاقدية	تغيير تعاقد شراء الطاقه الكهربائيه بحيث يتناسب مع أقصى حمل
اذا كان اقصى حمل (kw) أكبر أو يساوى القدرة التعاقدية	ازاحة تشغيل احد المراحل أو أحد المعدات عن فترة أقصى حمل : * مثلا تغيير وردية تشغيل المجفف بمصانع الغزل والنسيج إلى وردية الليل. * مثلا تغيير فترة انتاج أول مرحلة للعبوات البلاستيك المسماه امبولات فى صناعة عبوات المشروبات الغازية إلى فصل الشتاء والذى يمتاز بانخفاض احماله. ثم استخدام هذه الامبولات فى فصل الصيف. * مثلا فى حالة وجود اكثر من فرن يمكن ازاحه تشغيل احد الفرنين. * بالمثل فى حالة وجود مجموعة من الكباسات يمكن تشغيل أحدهما واعتبار الاخر احتياطى إذا كانت سعة الواحد كافيه.

جدول (٦ - ١٢) أ تكنولوجيات ترشيد الطاقة

م	تكنولوجيات كفاءة الطاقه	الوفر %	مستوى التكلفه	فترة الاسترداد البسيطة (سنه)
١	التحكم في نظم التكييف *Control of HVAC*	٥ – ١٢	منخفض	٠,٦
٢	الاضاءة ذات الكفاءة *Efficient lighting*	٥ – ١٥	منخفض	٠,٦
٣	التحكم في الغلايات *Boilers Control*	١٠ – ١٥	منخفض	١
٤	عزل شبكة البخار *Steam Networks insulation*	١٠ – ١٥	منخفض	٠,٦
٥	التحكم في نظم الهواء المضغوط *Control of Compressed air systems*	٥	منخفض	٠,٢
٦	صيانه المعدات *Maintenance of equipment*	وفر عالي	منخفض	٠,٢
٧	تحسين معامل القدرة *Power Factor Correction*	١٠ – ٢٠	منخفض	٢
٨	الاضاءة عالية الكفاءة *High Efficiency lighting*	٦٠ ٢ – ١٠	متوسط	٢
٩	المحركات ذات الكفاءة *Efficient Motors*	٢٠	متوسط	٣ – ٤
١٠	التحكم في عملية الاحتراق *Combution control*	٥ – ٤٥	متوسط	٣
١١	استرجاع الحرارة المفقودة *Wasle heat recovery*	١٠ – ١٥	متوسط	١ – ٣
١٢	التحكم في العمليات *Process control*	١٥ – ٣٥	متوسط	١ – ٣
١٣	المواد المقاومة للصهر عالية الكفاءة *Efficient Refractories*	٢٠ – ٣٠	متوسط	١ – ٢
١٤	نظم ادارة الطاقه *energy Management systems*	١٠	متوسط	٢
١٥	استخدام الغاز الطبيعي *Use of natural Gas*	–	متوسط	٢
١٦	استخدام الوقود الصلب *Use of solid fuel*	٤٠ – ٥٠	عالي	٤ – ٥
١٧	التوليد المشترك *Co- generation*	١٠ – ١٥	عالي	٣ – ٥
١٨	التوليد بالدوره المركبه *Combined cycle Generation*	٧ – ١٠	عالي	٣ – ٥
١٩	تربينات السعات العاليه *High capacity turbines*	٣٥	عالي	٣ – ٥
٢٠	تربينات درجات الحرارة العاليه *High temperature turbines*	وفر عالي	عالي	٤ – ٥
٢١	احلال محطات التوليد *Rehabilitatian of power Stations*	٣٠	متوسط	٢ – ٣
٢٢	تخفيض فقد الشبكة *Network loss Reduction*		متوسط	٣ – ٤

جدول (٦ - ١٢) ب نسبه الوفر عند تطبيق تكنولوجيات ترشيد الطاقه

نسبة الوفر %	تكنولوجيات ترشيد الطاقة
٥٠ – ٧٠	اللمبات الفلورسنت المدمجه بالمنازل *Residential Compact Fluoroscent Lamps*
١٠ – ١٥	اللمبات الفلورسنت الانبوبيه الجديدة طراز *T - 8* *New T - 8 Lamps*
٢٠	كابحات الكترونيه بخاصيه العتم *Electronic Dimmable Ballast*
١٥	نظم التحكم الآلي للاضاءة *Automatic lighting control systems*
٦٠	الاضاءة الخارجية باستخدام الهالوجين *Outside lighting with halogens*
١٠ – ٤٠	مديرات محركات السرعة المتغيرة *Voriable speed mator drives*
٥ – ١٥	المحركات ذات الاحجام المناسبه *Proper sizing of motors*
١٠ – ٢٠	مبردات هواء بخارية *Evaparative air coolers*

(ادارة طلب الطاقه - ٢)

الفنادق

طبيعه الاحمال :

- اضاءة
- تكييف
- المطابخ (مقاومات كهربائية)

أنواع الطاقة :

- طاقه كهربائية
- طاقة وقود (غاز أو سولار)

أمثله لفرص ترشيد استخدام الطاقه بالفنادق

- تركيب مكثفات تحسين معامل القدرة فى حالة انخفاض معامل القدره.
- تركيب ابواب دواره *(rotating door)* للبوابات الرئيسية.
- تركيب ستائر هوائية *(air curtain)* للابواب الفرعيه (وذلك للتحكم فى عدم تسرب الهواء المكييف).
- تركيب ثرموستات *(Thermostatic)* للتحكم فى المبردات وابراج التبريد
- التحكم فى حمل المطابخ
- تركيب لمبات موفره للطاقه قدرات (٧، ٩ وات) بدلا من اللمبات المتوهجه (٤٠ وات)
- تركيب نظام ادارة المعلومات *(Management Information system)*

ويتكون هذا النظام من كمبيوتر وملحقات، عن طريق النظام يتم مراقبه والتحكم فى أقصى حمل، ساعات التشغيل الفعليه لابراج التبريد والمبردات والمضخات، كذلك متابعه درجة حرارة كل من مياه التبريد ومياه التغذيه ومياه الرجوع ومياه التكثيف. بالاضافة إلى متابعه درجة حرارة المناطق المكييفه.

دراسة حالة (١)
شركة غزل ونسيج

تم إجراء مسح أولى لمدة يوم واحد وكانت نتائج هذا المسح :

١ - وصف عام

منتج الشركة عباره عن غزل صوفى - بطاطين - ملابس جاهزه، الانتاج السنوى ٤ مليون متر قماش.

تعمل الشركة بنظام الثلاثة ورديات، سته أيام فى الاسبوع، ٣٠٠ يوم فى السنه.

يتم تشغيل ماكينات الغزل والنسيج.. بمحركات تعمل بالكهرباء.

يستخدم البخار فى عمليات الصباغه والتجفيف.

٢ - الشبكة الكهربائية *(Electrical Distribution system)*

تتكون الشبكة الكهربائية من عدد ٥ محولات توزيع جهد ١١/ ٤ و. ك. ف قدره كل محول ١ ميجا ڤولت امبير هذه المحولات موصله على التوازى

القدره التعاقديه = ٢,٥ م. وات

(أقصى طلب (فى عام الدراسة) = ٢,٩ م. وات

الطاقه المستهلكه / عام الدراسة = ١٦٨٤٤ م. وات . ساعة *(Mwh)*

توجد مكثفات تحسين معامل القدره، متوسط معامل القدرة خلال عام الدراسة = ٠,٩٣

٣ - شبكة البخار *(Steam Distribution system)*

يوجد عدد ثلاثة غلايات من نوع أنابيب اللهب *(Fire tube boiler)* بمقنن ١٠ بار & ٨ طن / ساعه يستخدم كل من الوقود رقم ٢ ورقم ٦ عادة يكون نظام تشغيل الغلايات : عدد ٢، غلايه بالخدمه وواحدة احتياطى

بقياس كفاءة الغلايات :

– الغلايه رقم ١

الكفاءه = ٨٧٪ (درجة حرارة المدخنه ١٩٦°م)

– الغلايه رقم ٢

الكفاءه = ٨١٪ (درجة حرارة المدخنة ٢٢٤°م)

توخذ مياه التغذية من مياه البلدية. يجمع البخار فى مواسير رئيسيه ثم يوزع من خلال اربعه خطوط بمقطع ٤ بوصه وخط خامس بمقطع ٣ بوصة. تلاحظ أثناء المرور أن حالة المادة العازله سيئة جدا. وأن حوالى ٣٠٪ من البخار يسترجع كمتكاثف عند درجة حرارة ٩٨°م إلى خزان المتكاثف (والموجود فى مستوى الارض) ثم تستخدم مضخه لرفع المتكاثف إلى خزان مياه التغذيه والموجود اعلى مبنى الغلايات. حاله المضخه سيئه جدا ولا تتحمل درجة حرارة المسترجع.

٤ - تم تحديد أماكن قياس المتغيرات الكهربائية.

٥ - طلب من مسئول الشركة تجهيز استهلاكات الطاقه الكهربائية والوقود عن فترة سابقه وكذلك معدل الانتاج السنوى أن أمكن.

القياسات والنتائج :

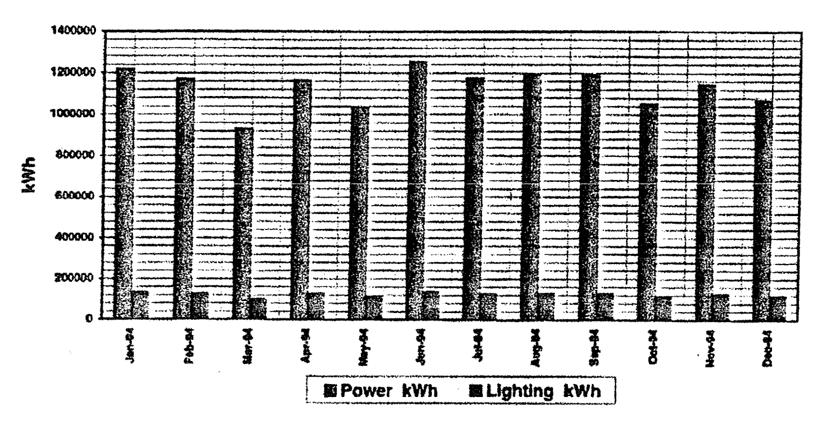
أ - الطاقه الكهربائية :

يوضح شكل (٦ - ١) استهلاكات الطاقه الكهربائية لعامى ٩٤، ١٩٩٥ ثم تركيب جهاز تحليل الطاقه على مصدر التغذيه للشركة لمدة ٤ أيام مع ضبط فترة القياس كل ١٥ دقيقه وتم تسجيل القدره الفعاله *(MW)* والقدره غير الفعاله *(MVAR)* ومعامل القدره ويوضح شكل (٦ - ٢) تسجيل القدره الفعالة لمدة أربعه أيام يلخص جدول (٦ - ١٤) نتائج القياسات.

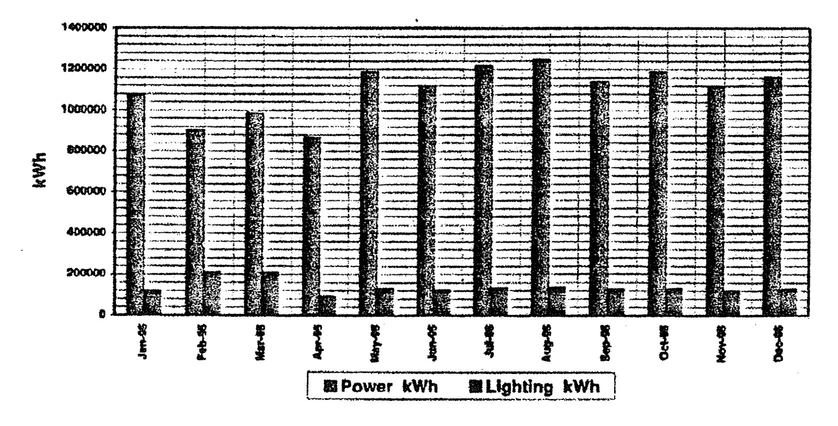
جدول (٦ - ١٤) نتائج القياسات

تاريخ القياس	اقصى طلب MW	ساعة حدوث اقصى طلب	متوسط الطلب اليومى MW	عامل الحمل اليومى	متوسط معامل القدره اليومى
اليوم الأول	٢,٦	٩ صباحا	١,٩٧٥	٠,٧٦	٠,٩٥
اليوم الثانى	٢,٥٢	١٥ : ١٣ بعد الظهر	١,٩٧٧	٠,٧٩	٠,٩٦
اليوم الثالث	٢,٥٩	٣٠ : ١١ صباحا	١,٩٦٤	٠,٧٦	٠,٩٥
اليوم الرابع	٢,٥	٤٥ : ١٢ صباحا	١,٥٨٣	٠,٦٣	٠,٩

(ادارة طلب الطاقه - ٢)

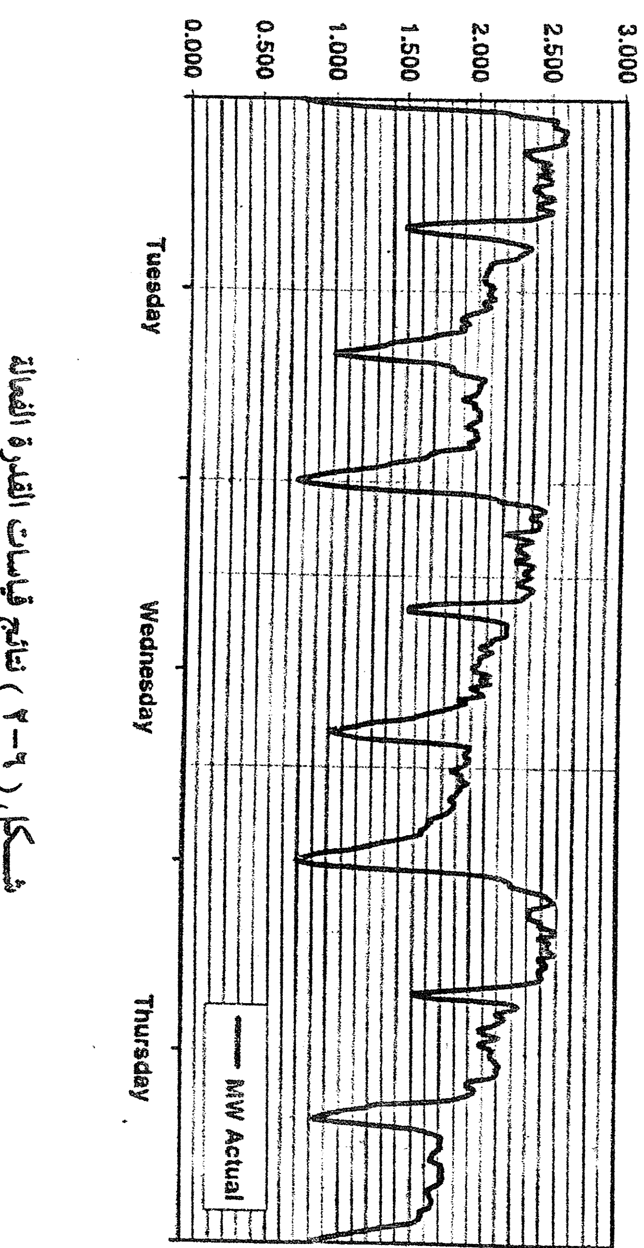


(أ) استهلاك عـــام ١٩٩٤



(ب) استهلاك عـــام ١٩٩٥

شـــكل(٦-١) استهلاك الطاقة لعامي ١٩٩٤ -١٩٩٥



شكل (٦-٣) نتائج قياسات القدرة الفعالة

ب - الطاقه الحراريه *Thermal Energy*

الاستهلاك السنوى لكل من الوقود رقم ٢ ورقم ٦ خلال الخمس سنوات السابقة موضحه فى شكل (٦ – ٣)

من المراجعه الاوليه اتضح الآتى :

* إمكانيه رفع كفاءة مصايد البخار
* إمكانيه رقع كفاءه مواسير البخار
* يلزم الاهتمام بالمتكاثف المسترجع.
* انخفاض كفاءة الغلايه
* الاستهلاك العالى لنظام الاضاءة.
* جميع محولات التوزيع بالخدمه على التوازى
* انخفاض اقصى طلب *(MW)* عن قدره المحولات.

يوضح جدول (٦ – ١٥) فرص ترشيد استخدام الطاقه.



شكل (٦-٣) تطور استهلاك الوقود

جدول (٦ - ١٥) فرص ترشيد استخدام الطاقه

١ - تغيير مصايد البخار:

الوصف

يوجد حوالى ٤١ مصيده بخار عاطله وتسرب كميه من البخار

الوفر:

يتم حساب كميه تسرب البخار من المصايد باستخدام برنامج كمبيوتر. يبين جدول (أ) نتائج هذا البرنامج. والذى يوضح أن الفقد فى البخار حوالى ٢,٨ قدم مكعب / ثانيه وهو يمثل ٢٦٠ طن / سنه وتكلفته ٤٠٤٨٩ جنيه مصرى فى السنه

الفعل:

تكلفه ٤١ مصيده بخار حوالى ٢٧٠٠٠ جنيه بفترة استرداد حوالى سنه

٢ - عزل انابيب البخار

الوصف

تلاحظ أن عزل خطوط البخار والمتكاثف بحالة سيئة وبعضها بدون عزل. نفرض أن ٨٠ متر بسمك ٤ بوصه ودرجة حرارة البخار ١٦٩°م كذلك ٥٠ متر بسمك ٣ بوصه ودرجه حرارة البخار ٩٨°م خطوط غير معزوله لكل من البخار والمتكاثف على التوالى

الوفر:

تعتمد حسابات هذا الاختيار على حساب الفقد الحرارى الحادث نتيجة عدم عزل انابيب البخار. من جدول (ب) يكون الفقد الحرارى لماسوره غير معزوله بسمك ٤ بوصه عند درجة حرارة ١٦٩°م ودرجة حرارة محيطه ٢٥°م

$$1010.5 BTU / hr\,ft = 3496967\ Joules / hr\,m$$

ولماسوره سمك ٣ بوصه عند درجة حرارة ٩٨°م ودرجة حرارة محيطه ٢٥°م

$$279\ BTU / hr\,ft = 965516\ Joules / hr\,m$$

الفقد الحرارى لخطوط البخار = $80 * 3496967 = 279757323\ J/hr$

الفقد الحرارى لخطوط المتكاثف = $50 * 965516 = 48275787\ J/hr$

الفقد الحرارى الكلى = $328033110\ J/hr$

الفقد الكلى فى السنه = $328033110 * 8760 = 2.87 * 10^{12}\ J/hr$

عند كفاءة غلايه ٨٥٪ يقابل الفقد الحرارى السنوى ٧٩ طن / سنه من الزيت رقم ٦ بتكلفه ١٠٢٧٠ جنيه مصرى فى السنه.

الفعل

نفرض أن سعر المتر المربع من مادة العزل حوالى ٣٥ جنيه مصرى بسمك ٥ سم.
مساحه السطح الخارجى لخط البخار:

$$\{(4* 2.54) + (2* 5)\} * 3.14 * \frac{1}{100} * 80 = 50.64\ m^2$$

تكلفه هذه المساحة

$$50.64 * 35 = LE\ 1772$$

مساحه السطح الخارجى لخط المتكاثف :

$$\{(3* 2.54) + (2*5)\} (3.14 * \frac{1}{100} * 50 = 22.7\ m^2$$

تكلفه هذه المساحه

$$27.7 * 35 = LE\ 968$$

وتكون التكلفه الكلية لمادة العزل تساوى ٧٧٤٠ جنيه مصرى بتطبيق هذا الاختيار تكون فترة الاسترداد حوالى ٠,٨ سنه

٣ - استرجاع المتكاثف

الوصف

يتكون نظام استرجاع المتكاثف من خطوط انابيب مختلفة تصل بين الماكينات وخزان المتكاثف والموضوع على مستوى الارض. باستخدام مضخه يتم رفع المتكاثف إلى خزان مياه التغذيه الموجود اعلى غرفه الغلايات

الوفر

من بيانات الشركة، فان المتكاثف المسترجع يقدر بحوالى ٣٠٪ من معدل البخار المنتج عند درجة حرارة ٩٨°م أى أن المتكاثف المسترجع

(٨ طن / ساعة) × ٠,٣ = ٢,٤ طن / ساعة

درجة حرارة مياه التغذية المأخوذه من المدينه ٢٥°م وعليه فان كمية مياه التغذيه اللازمة

$$8t/\ hr - 2.4\ t/\ hr = 5.6\ t/\ hr$$

من معادلة اتزان الحرارة تحسب درجة حرارة مياه التغذية للغلايه

$$(2.4\ t/\ hr * 98\ ℃) + (5.6\ t/\ hr * 25\ ℃) = (8\ t/\ hr\ *Y)$$

$\therefore Y \cong 47\,^{\circ}C$

بقياس درجة حرارة مياه التغذيه وجدت ٣٧°م

إذا أمكن استرجاع كل المتكاثف فان درجة حرارة مياه التغذية تزيد ١٠°م من الخبرة وجد أن زيادة ٦°م فى درجة حرارة مياه التغذية تقلل استهلاك الوقود بـ ١٪ وعليه فان استهلاك الوقود (زيت رقم ٦) يصل نسبه ١,٦٧٪ أى أن الوفو حوالى ١١٣ طن / سنه بتكلفة ١٤٧٠٠ جنيه مصرى فى السنه

الفعل

بتغيير طلمبه المتكاثف بتكلفه ١٥٠٠ جنيه عندئذ تكون فترة الاسترداد حوالى عام

٤ - تحسين كفاءة الغلايه

الوصف

من بيانات الشركة، وجد أن غلايتين تعملان بينما الثالثه احتياطى. كفاءه الغلايتين بالقياس ٨١,٦٪ & ٨٧٪

الوفر

بفرض أن كل غلايه تنتج بخار بنفس المعدل، عند ٨ طن / ساعه وتعمل نصف الزمن وكان استهلاك الوقود (زيت رقم ٦) خلال العام الماضى ٦٧٦٢ طن وعلى ذلك، الغلايه ذات الكفاءه٨١,٦٪ تستهلك ٣٤٨٦ طن / سنه والغلايه ذات الكفاءه ٨٧٪ تستهلك ٣٢٧٦ طن / سنه وعلى ذلك تستهلك الغلايه الاقل كفاءه٢١٠ طن / سنه اضافى وعند تحسين كفاءتها فانه يحدث وفر فى الوقود بقيمة ٢٧١٧٠ جنيه مصرى فى السنه

الفعل

يتم تحسين كفاءه الغلايه عن طريق الصيانه وضبط كميه هواء الاحتراق وتحليل الغازات وذلك بدون أى تكلفه

٥ - نظام تحكم البخار المحقون لعمليات الصباغة والنظافة والتلبيد والفرد

الوصف

يتم حقن البخار لعمليات الصباغه والنظافه والتلبيد والفرد من خلال تحكم يدوى، وقد تلاحظ فقد كميه من البخار اثناء عمليات فتح صمام البخار ويوصى تركيب نظام تحكم آلى ذى حساسيه لدرجة الحرارة. بالملاحظه يمكن توفير حوالى ١٠٪ من البخار

الوفر:

تستهلك عمليات الصباغه والنظافه والتلبيد والفرد حوالى ٦٠ ٪ من البخار الكلى المنتج، بمعنى آخر أنها تستهلك ٦٠ ٪ من الوقود المستخدم لانتاج البخار أى أن

$$6762\ t/Y * 60\% = 4057\ t/Y$$

يمثل ١٠ ٪ وفر حوالى٤٠٦ طن/ سنه من الزيت رقم ٦ بقيمه وفر حوالى ٥٢٧٨٠ جنيه مصرى فى السنه

الفعل

يقترح تركيب صمام يتم التحكم فيه من خلال درجة الحرارة لبخار الحقن لكل وحده.

هذه الوحدات هى :

عدد ٦ وحده للصباغه

عدد ٢وحده للتلبيد

عدد ٢ وحده للتنظيف والتطهير

بعدد اجمالى ١٠ وحدات سعر هذا الصمام ٣٠٠٠ جنيه مصرى لكل صمام أى ٣٠٠٠٠ جنيه مصرى لعدد ١٠ وحدات فتره الاسترداد حوالى ٠,٦ سنه

٦ - اضاءة عالية الكفاءة

الوصف

توجد أربعه صالات للغزل والنسيج متماثله من حيث الاضاءة تحتوى الصاله على عدد ١٤ صف اضاءة طولى، كل صف يحتوى على ٩٤ كشاف بكل كشاف عدد ٢ لمبه فلورسنت ٤٠ وات بطول ١٢٠ سم وكابح تيار لكل لمبه أى أن عدد اللمبات (لكل صاله) ٢٦٣٢ الشغال منها ١٢٤٠ لمبه و ٩٣٠ لمبه مفصوله و ٤٦٢ لمبه غير مركبه وتكون قدره اللمبات الشغاله ٤٩,٦ ك. وات وطاقتها ٢٩٧٦٠ ك. و . س على أساس تشغيل ٢٥ يوم فى الشهر. والطاقه الكليه للاربع صالات حوالى ١١٩٠٤٠ ك. و. س شهريا.

يوضح جدول (ح) نتائج قياسات مستوى الاضاءة بينما يوضح جدول (د) التوصيات العالميه لمستوى الاضاءة.

الوفر

من النتائج الخاصة بقياس شدة الاضاءة يتضح أن شدة الاضاءة أقل كثيرا من التوصيات العالميه.

الاقتراح المقدم أن يتم تغيير اللمبات الفلورسنت ٤٠ وات بأخرى موفره للطاقه قدره ٣٦ وات وهذا يحقق الآتى:

* وفر فى الطاقه يمثل ١٠ ٪
* زيادة الاضاءة بنسبه ٣٨ ٪
* زيادة عمر التشغيل ٤٣ ٪
* ارتفاع دليل امانه نقل الالوان من *Ra55* إلى *Ra 85*

بتحسين مستوى الاضاءة يمكن تقليل عيوب المنتج.

الفعل

يوضح جدول (هـ) مقارنه بين النظام الحالى للاضاءه والنظام المقترح. والذى يوضح أن فتره الاسترداد حوالى ١٠,٥ شهر.

٧ - ادارة الأحمال

الوصف

يوجد بالشركة عدد ٥ محولات توزيع جميعها فى الخدمة ومتصله على التوازى. اقصى قدره ٢,٦ م. وات بينما القدره الكلية للمحولات ٥ م. وات وعامل الحمل ٠,٦٨ ومعامل القدره ٠,٨ بفصل احد المحولات واعتباره احتياطى سوف يرتفع عامل الحمل إلى ٠,٨٥ والذى يشير إلى كفاءه واداء أفضل. لتحقيق ذلك يجب تصليح عدد ٢ رابط قضبان جهد ١١ ك. ف واضافة عدد ٢ رابط قضبان جديد

الوفر

تكلفه رابطات القضبان المقترحه حوالى ٤٠٠٠٠ جنيه مصرى ويمكن تعويضها من تكلفه الوفر الناتج من عزل أحد محولات التوزيع واعتباره احتياطى عن طريق حسابات المفقودات الموفره من هذا المحول. يمثل الفقد ١ ٪ (حسب الشركة المنتجة للمحول) من الحمل الكلى للمحول.

مفقودات القلب = $9.3\ KW$

مفقودات الحمل = $8\ KW$

الفقد الكلى = $17.3\ KW$

وفر الطاقه السنوى = $17.3 * 24 * 300 = 124560\ KWH$

والذى يمثل وفر قيمته ١٩١٢٠ جنيه مصرى فى السنه

الفعل

بعزل أحد المحولات واعتباره احتياطى وبحساب الوفر الناتج من مفقودات المحول وبتقدير قيمة رابطات القضبان المقترحة تكون فترة الاسترداد حوالى سنتين

جدول (أ) مفقودات مصايد البخار

التكلفه السنوية للتسرب (جنيه / سنه)	المفقودات الحرارية السنوية (Btu / السنه)	التسرب السنوى للبخار (باوند / سنه)	سريان البخار المتسرب (قدم٣ / ثانيه)	الخدمه
تكلفة الوقود (جنيه / طن) ١٣٠		كفاءة الغلايه ٠,٨٥		تكلفه التسريب من المصايد
٣٢٦,٣٩	٨٦٢٦٧٠٦٢	٨٦٢٦٧	٠,٠٢	*Boiler House Main Header* موزع بخار الغلايه الرئيسة
١٠١,٦١	٢٦٨٥٦١٩٦	٢٦٨٥٦	٠,٠٥	*Fuel Stroge Tank* حوض تخزين الوقود
٧٣٤٣,٧٢	١٩٤١٠٠٨٩٠١	١٩٤١٠٠٩	٠,٣٥	*Steam network* شبكه البخار
١١٠١,٥٦	٢٩١١٥١٣٣٥	٢٩١١٥١	٠,٠٥	*Steam network* شبكة بخار
٧٢٠,٦٤	١٩٠٤٧٢٣٣٦	١٩٠٤٧٢	٠,٠٥	*Strender (dryer) Main Heater* مجفف السخان الرئيسى
٢١٠١٨,٧٧	٥٥٥٥٤٤٣١٤٣	٥٥٥٥٤٤٣	١,٥٧	*Stender* مجفف ماكينه ستيندر
٢٢٠,٤٣	٥٨٢٦٢١٦٧	٥٨٢٦٢	٠,٠٣	*Decatizing* مرحلة ازالة النشا
١٠٩٢,٢١	٢٨٨٦٨١١٩٤	٢٨٨٦٨١	٠,١٠	*Autoclave* ماكينه لمعالجة القماش (أوتوكلاف)
٤٦٣,٥٩	١٢٢٥٣٢٠١٩	١٢٢٥٣٢	٠,٠٨	*2 Crabbing Machines* ماكينات المعيوب
٢٥٠٦,٧٧	٦٦٢٥٦١٣٤٩	٦٦٢٥٦١	٠,١٤	*Scouring Machine* ماكينه المعالجة الكيميائية
٢٨٥٥,٣٨	٧٥٤٧٠١٧١٠	٧٥٤٧٠٢	٠,١٤	*Main Header of Scouring* موزع المعالجة الكيميائية الرئيسى
١٦٦٩,٧	٤٤١٣١٥٤٦٠	٤٤١٣١٥	٠,١٢	*Blowing Machine 4 th Floor* ماكينه تفوير بالدور الرابع
١٠٦٨,٦	٢٨٢٤٤١٨٩٤	٢٨٢٤٤٢	٠,٠٨	مايكنه تفوير بالدور الرابع
			٢,٨٠	الإجمالى
٤٠٤٨٩				التكلفة السنوية الكلية لتسرب البخار من المصايد (جنيه مصرى)

جدول (ب) الفقد الحرارى من الاسطح غير المعزولة (العاريه)

الفقد الحرارى من الاسطح غير المعزوله بوحدات *Btu/hr ft* للمواسير غير المعزوله

للاسطح المستويه *Btu / hr ft*^{2}

مقاس الماسوره (بوصه)	اختلاف درجة الحراره (°F)															
	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	700	800	900	1000
1/2	22	47	79	117	162	215	279	355	442	541	650	772	1,047	1,364	1,723	2,123
3/4	27	59	99	147	203	269	349	444	552	677	812	965	1,309	1,705	2,153	2,654
1	34	75	124	183	254	336	437	555	691	846	1,016	1,207	1,637	2,133	2,694	3,320
1-1/4	42	94	157	232	321	425	552	702	873	1,070	1,285	1,527	2,071	2,697	3,406	4,198
1-1/2	49	107	179	265	367	487	632	804	1,000	1,225	1,471	1,748	2,371	3,088	3,899	4,806
2	61	134	224	332	459	608	790	1,004	1,249	1,530	1,837	2,183	2,961	3,856	4,870	6,002
2-1/2	74	162	271	401	556	736	956	1,215	1,512	1,852	2,224	2,643	3,584	4,669	5,896	7,267
3	89	197	330	489	677	897	1,164	1,480	1,841	2,256	2,708	3,219	4,365	5,685	7,180	8,849
3-1/2	102	225	377	558	773	1,024	1,329	1,690	2,102	2,576	3,092	3,675	4,984	6,491	8,198	10,100
4	115	254	424	628	869	1,152	1,496	1,901	2,365	2,898	3,479	4,135	5,607	7,304	9,224	11,370
4-1/2	128	282	471	698	965	1,280	1,662	2,113	2,628	3,220	3,866	4,595	6,231	8,116	10,250	12,630
5	142	313	524	776	1,074	1,424	1,848	2,350	2,923	3,582	4,300	5,111	6,931	9,027	11,400	14,050
6	169	373	624	924	1,279	1,696	2,201	2,799	3,481	4,266	5,121	6,086	8,254	10,750	13,580	16,730
7	195	430	719	1,064	1,473	1,952	2,534	3,222	4,007	4,910	5,894	7,006	9,501	12,380	15,630	19,260
8	220	486	813	1,203	1,665	2,207	2,865	3,643	4,531	5,552	6,666	7,922	10,740	13,990	17,670	21,780
9	246	542	907	1,343	1,859	2,464	3,198	4,066	5,057	6,197	7,440	8,842	11,990	15,620	19,720	24,310
10	275	606	1,014	1,502	2,078	2,755	3,576	4,547	5,655	6,930	8,320	9,888	13,410	17,470	22,060	27,180
11	300	661	1,106	1,638	2,267	3,005	3,901	4,960	6,169	7,560	9,076	10,790	14,630	19,050	24,060	29,660
12	326	718	1,202	1,779	2,463	3,265	4,238	5,338	6,701	8,212	9,859	11,720	15,890	20,700	26,140	32,210
14	357	783	1,319	1,952	2,703	3,582	4,650	5,912	7,354	9,011	10,820	12,860	17,440	22,710	28,680	35,350
16	408	901	1,508	2,232	3,090	4,096	5,317	6,759	8,407	10,300	12,370	14,700	19,940	25,970	32,790	40,410
18	460	1,015	1,698	2,514	3,480	4,612	5,987	7,612	9,467	11,600	13,930	16,550	22,450	29,240	36,930	45,510
20	510	1,127	1,885	2,790	3,862	5,120	6,646	8,449	10,510	12,880	15,460	18,380	24,920	32,460	40,990	50,520
24	613	1,353	2,263	3,350	4,638	6,148	7,980	10,150	12,620	15,460	18,570	22,060	29,920	38,970	49,220	60,660
30	766	1,690	2,827	4,186	5,795	7,681	9,971	12,680	15,770	19,320	23,200	27,570	37,390	48,700	61,500	75,790
Flat	98	215	360	533	738	978	1,270	1,614	2,008	2,460	2,954	3,510	4,760	6,200	7,830	9,650

جدول (ج) قياس شدة الاضاءة اثناء الورديه الأولى فى وجود الاضاءه الطبيعيه

مكان القياس	شدة الاضاءة *Lux*	
	الحدود	المتوسط
أماكن مختلفة بالصاله	٩٠ - ١٩٠	١٤٠
بالقرب من الآلات	١٣٠ - ٥٤٦	٣٥٠
بالقرب من النوافذ	١٣٠ - ٥٦٤	-

جدول (د) التوصيات العالميه لمستوى الاضاءه

البند	التوصيات
مستوى الاضاءة العام	أعلى مستوى ١٠٠٠ - ٢٠٠٠ لاكس
درجة الحرارة اللونية	ابيض ٢٥٠٠ - ٤٠٠٠ *K*
دليل امانه نقل الالوان	٨٠ - ٩٠ *Ra*

جدول (هـ) مقارنة بين نظام الاضاءة الحالى والنظام المقترح

البند	النظام المقترح	النظام الحالى
قدره اللمبه (W)	٣٦	٤٠
المخرج (Lumens)	٣٤٥٠	٢٥٠٠
عمر التشغيل (hr)	١٠,٠٠٠	٧,٠٠٠
الكفاءة Lumens / W	٩٥	
دليل امانه نقل الالوان	Ra ٨٥	Ra ٥٥
القدره الكليه للمبات kw	٤ x ١٢٤٠ x ٣٦ x $١٠^{-٣}$ = ١٧٨,٦	٤ x ١٢٤٠ x ٤٠ x $١٠^{-٣}$ = ١٩٨,٤
الاستهلاك الشهرى kwh	١٠٧١٣٦	١١٩٠٤٠
القيمه المتوقعه للاستهلاك شهريا (LE)	١٩٨٢٠	٢٢٠٢٢
الوفر المتوقع شهريا (LE)	٢٢٠٢	
الوفر المتوقع سنويا (LE)	٢٦٤٢٧	
الوفر خلال عمر التشغيل (LE)	٣٦٧٠٠	
الاستثمارات (LE)	٤ x ١٢٤٠ x ١٥ = ٧٤٤٠٠	٤ x ١٢٤٠ x ١,٤٣ x ٦ = ٤٢٥٥٧
الفرق فى الاستثمارات (LE)	٣١٨٤٣	
فترة الاسترداد (Month)	١٠,٥	

دراسة حالة (٢)
شركة أغذية

تم إجراء مسح أولى لمدة يوم واحد وكانت نتائج هذا المسح :

١ - وصف عام

منتج الشركة عباره عن سمن - زيت - صابون - جلسرين طبى

تعمل الشركة بنظام الثلاثة ورديات، سته أيام فى الاسبوع، ٣٠٠ يوم فى السنه.

٢ - الشبكة الكهربائية *(Electrical Distribution System)*

تتكون الشبكة الكهربائية من غرفتين محولات أ، ب يحتويا على ٦ محولات توزيع جهد ١١/ ٤ و . ك. ف ذات قدرات مختلفة وبقدره إجماليه ٥٤٨٠ ك. ف. أ، توجد على شبكه الجهد المنخفض مكثفات تحسين معامل القدره (بعضها خارج الخدمه) ومتوسط معامل القدره السنوى ٠,٧٤ وتدفع الشركة فروقات انخفاض معامل القدره بقيمة ٢٣٤٧٧ جنيه مصرى.

٣ - شبكة البخار *(Steam Distribution System)* :

يوجد عدد ٥ غلايات لتغذيه شبكه البخار كالآتى :

* غلايتين من نوع انابيب المياه *(Water tube boiler)* قدره كل غلايه ١٢ طن / ساعه و ١٥ بار وتستهلك ٠,٨ طن / ساعه من المازوت.
* غلايه من نوع انابيب اللهب *(Fire tube boiler)* قدره ١٢ طن / ساعه و ١٥ بار وتستهلك ٠,٥ طن / ساعه من المازوت.
* عدد ٣ غلايات من نوع انابيب اللهب قدره كل غلايه ٦ طن / ساعه و ١٠ بار وتستهلك ٠,٢٥ طن / ساعه من المازوت.

عادة يكون نظام تشغيل الغلايات، غلايه من نوع انابيب اللهب وأخرى من نوع انابيب المياه قدره كل منهما ١٢ طن / ساعه و ١٥ بار عدد غلايتن احتياطى وآخرين بهم مشاكل.

بقياس كفاءة الاحتراق ودرجة الحرارة وجدت كالآتى :

الغلايه رقم	١	متوسط الكفاءة	٨١,٣ ٪	(درجة حرارة غازات المدخنة ٢٩٧ °م)
الغلايه رقم	٥	متوسط الكفاءة	٨٦,٨ ٪	(درجة حرارة غازات المدخنة ١٨٩ °م)
الغلايه رقم	٦	متوسط الكفاءة	٨٢,٩ ٪	(درجة حرارة غازات المدخنة ١٨١ °م)

درجة حراره مياه التغذية ٢٥°م وتسخن إلى درجة حرارة ٨٠°م قبل الدخول للغلايات (عن طريق استخدام خط بخار من الغلايات).

يوزع البخار فى خطين رئيسين أحدهما ذات ضغط عالى ١٥ بار والاخر ذات ضغط منخفض ١٠ بار

٤ - تم تحديد أماكن قياس المتغيرات الكهربائية.

٥ - طلب من مسئول الشركة تجهيز استهلاكات الطاقه الكهربائية والوقود عن فترة سابقه وكذلك معدل الانتاج السنوى أن أمكن.

القياسات والنتائج :

أ - الطاقه الكهربائية

يوجد عقدين لتوريد الطاقه الكهربائية (لاحمال غرفتى المحولات) أحدهما بقدره ٢,٨ م .وات والاخر بقدره ١,٥٧ م. وات أقصى قدره طلب سجلت عام (١٩٩٦) كانت ٠,٧٢٤ م. وات و ٢,٦ م. وات للعقدين على التوالى.

يوضح شكل (٦ - ٤) استهلاكات الطاقه لعام ١٩٩٤ / ١٩٩٥

ويوضح شكل (٦ - ٥) استهلاكات الطاقه لعام ١٩٩٥ / ١٩٩٦

تم تسجيل احمال غرفه المحولات (أ) لمدة ٢٤ ساعة ويوضح شكل (٦ - ٦) التغير فى القدره *kw* ومعامل القدره وكانت أقصى قدره مقاسه ٩٣٠ ك. وات ومتوسط القدره ٧٤٣ ك. وات وتم حساب عامل الحمل ووجد ٠,٧٩ ومتوسط معامل القدره ووجد ٠,٧٤

كذلك تم تسجيل احمال غرفه المحولات (ب) لمدة ٢٤ ساعة ويوضح شكل (٦ - ٧) التغير فى القدره *kw* ومعامل القدره وكانت أقصى قدره مقاسه ١٤٥ ك. وات ومتوسط القدرة ٨٨,٧ ك. وات وتم حساب عامل الحمل ووجد ٠,٦ ومتوسط معامل القدره ووجد ٠,٧٨

ب - الطاقه الحرارية

يوضح شكل (٦ - ٨) استهلاك المازوت *(Oil # 6)* لعام ١٩٩٤ / ١٩٩٥ باجمالى ٩٨٣٤,٢٦ طن مازوت سنويا.

جـ - المياه المستخدمه

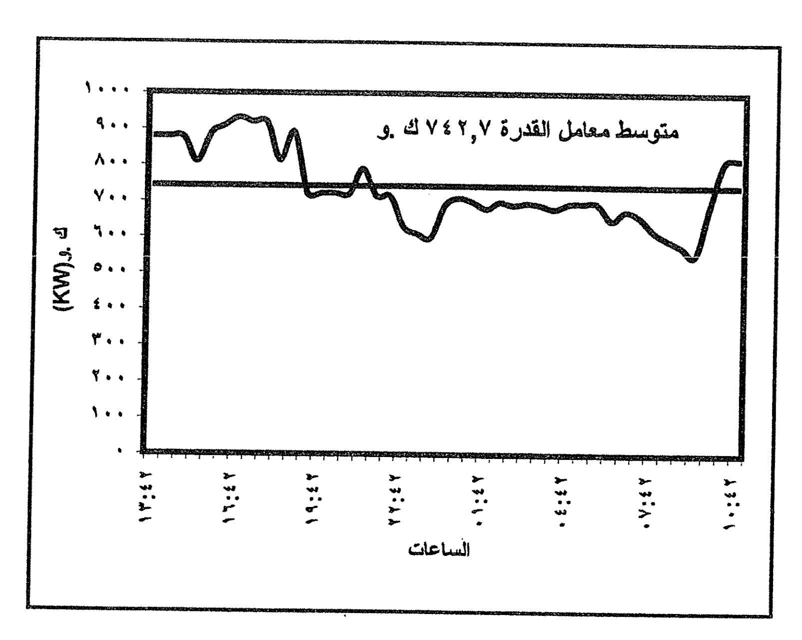
يوضح شكل (٦ - ٩) استهلاك المياه لعام ١٩٩٤ / ١٩٩٥ باجمالى ١٠٧١٠٩٩ متر مكعب

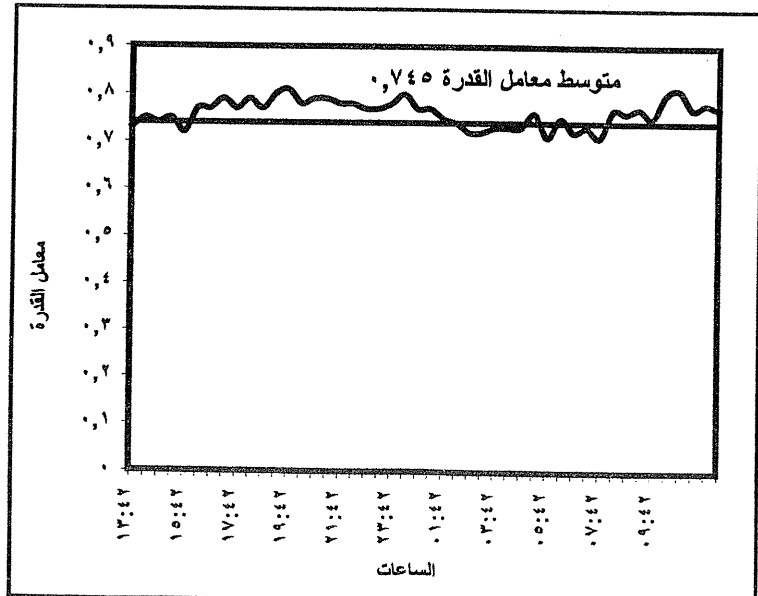


شكل (٦-٤) استهلاكات الطاقه و التكلفة عام ١٩٩٤/١٩٩٥

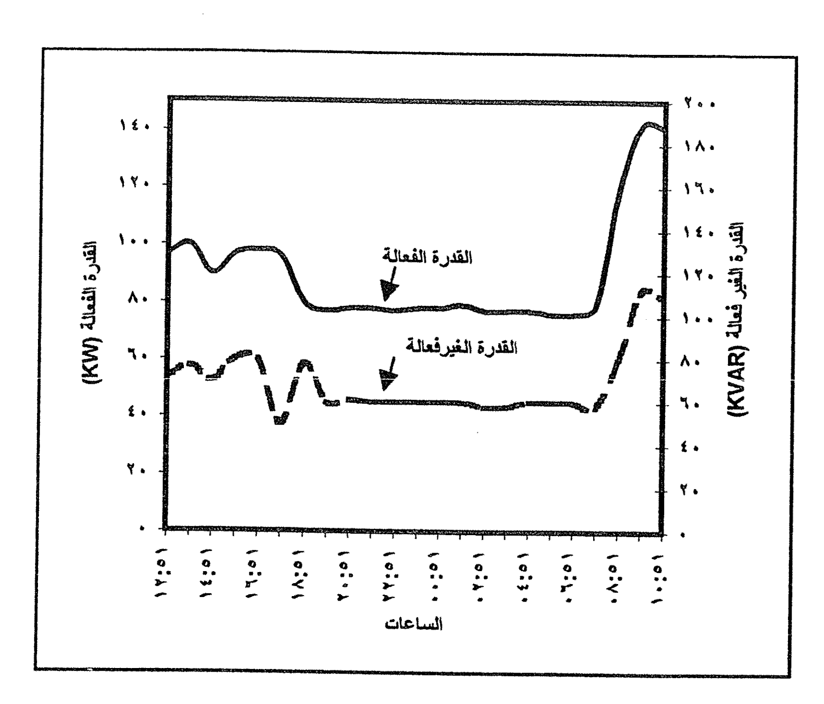


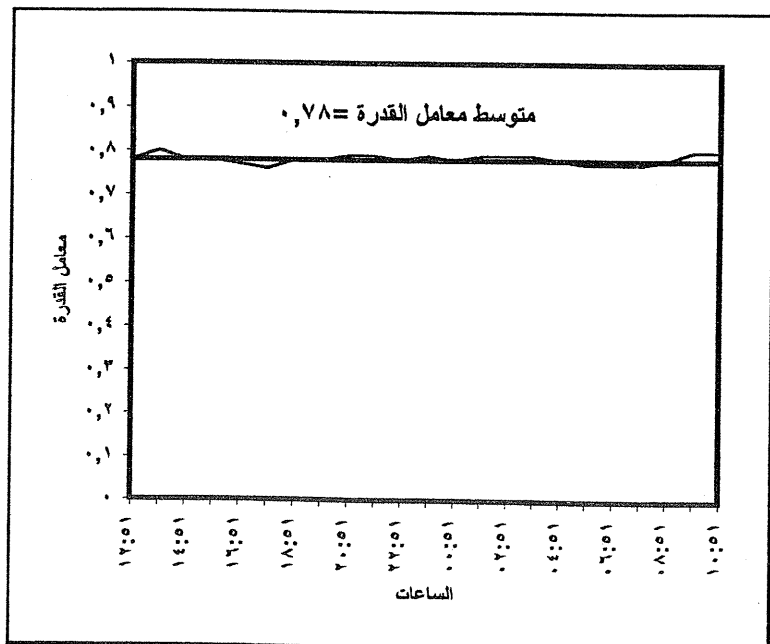
شكل (٦-٥) استهلاكات الطاقه و التكلفة عام ١٩٩٥/١٩٩٦



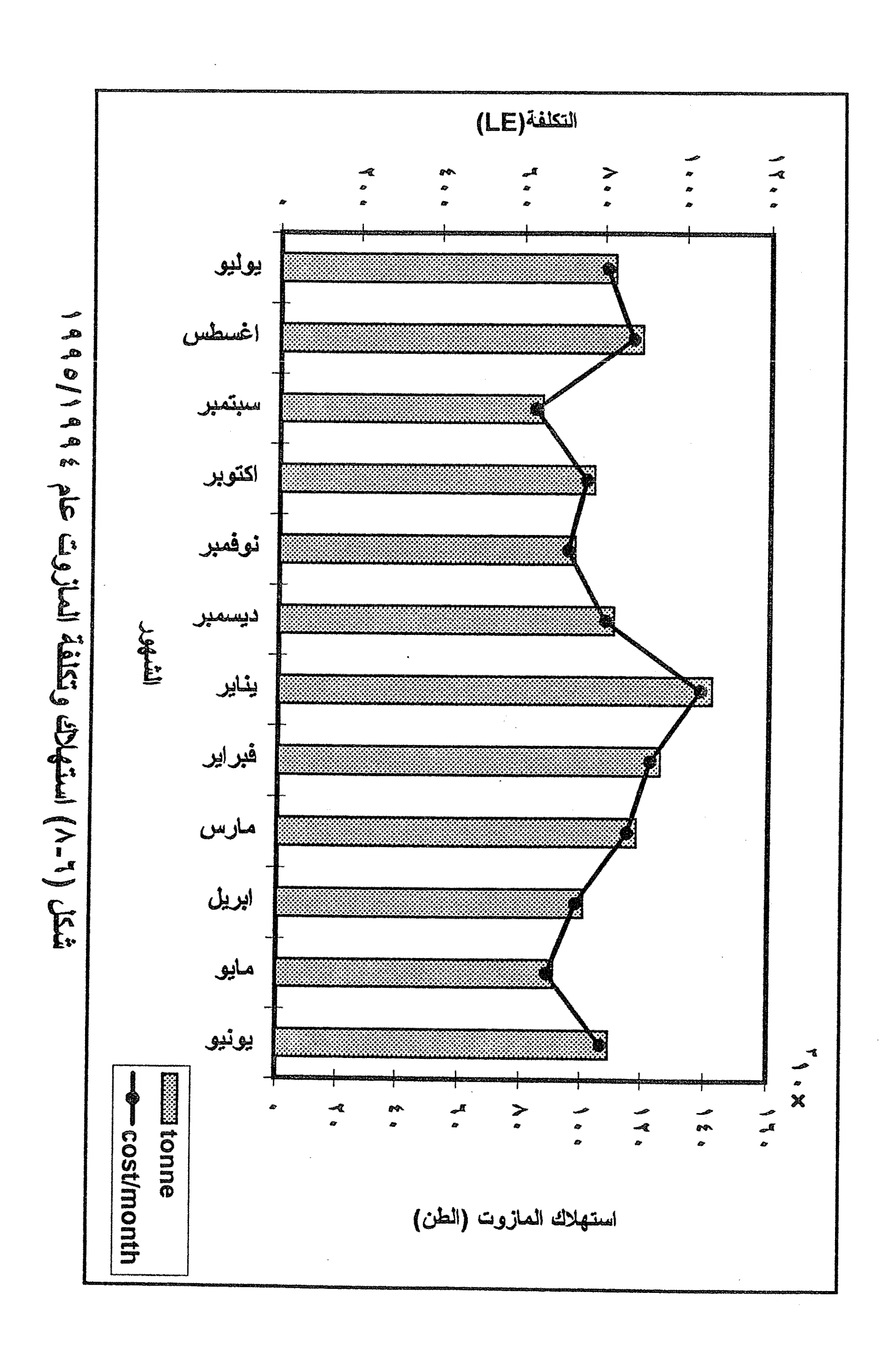


شكل (٦-٦) التغير فى القدرة ومعامل القدرة لاحمال غرفه المحولات

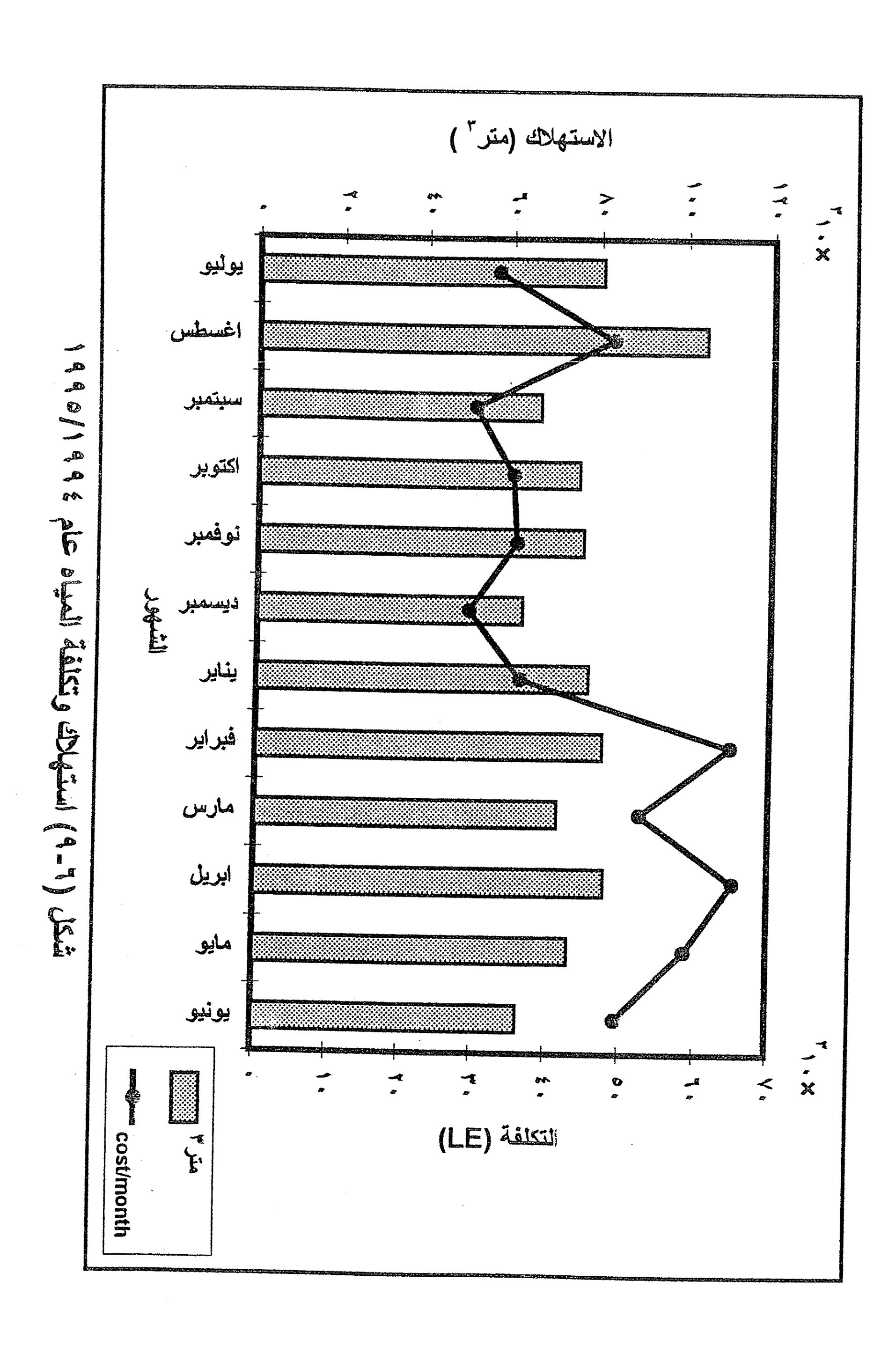




شكل (٦-٧) التغير فى القدرة ومعامل القدرة لاحمال غرفة محولات (ب)



شكل (٦-٨) استهلاك وتكلفة المازوت عام ١٩٩٤/١٩٩٥



شكل (٦-٩) استهلاك وتكلفة المياه عام ١٩٩٤/١٩٩٥

من المسح الأولى اتضح الآتى :

* انخفاض معامل القدره.
* انخفاض كفاءة الغلايات.
* سوء نظام البخار وعزل المواسير.
* يلزم الاهتمام بنظام التفوير والمتكاثف المسترجع.

يوضح جدول (٦ – ١٦) فرص ترشيد استخدام الطاقه لهذه الحالة.

جدول (٦ - ١٦) فرص ترشيد استخدام الطاقه

١ - تحسين معامل القدره

الوصف

توجد ٥ لوحات مكثفات جهد منخفض لتحسين معامل القدره ولكن أغلبها عاطل ولذا فان متوسط معامل القدره السنوى، مقاسا عن طريق العدادات، حوال ٠,٧٦ ويقابل ذلك دفع مبالغ ضخمه نتيجة فروقات انخفاض معامل القدره عن ٠,٩

الوفر

يمكن تصليح لو حتى مكثفات وتغيير عدد ٣ اللوحات الباقيه بتكلفه تقديريه ٨٠,٠٠٠ جنيه مصرى. تحسين معامل القدره سيؤدى إلى وفر فروقات انخفاض معامل القدره والتى قدرت بمبلغ ٢٨٤٧٧ جنيه مصرى (عام ١٩٩٤ / ١٩٩٥).

الفعل

تحسين معامل القدره بتركيب ثلاثة لوحات واصلاح لوحتين مكثفات سيعوض بعد فتره استرداد حوالى ثلاثة سنوات

٢ - تحسين كفاءة الغلايات

الوصف

من جدول (٦ – ١٧) نجد أن الكفاءة الكليه للغلايه ذات انابيب المياه (ضغط ١٥ بار)

$\zeta_{\circ} = 66.4\%$

وأن الكفاءة الكليه للغلايه ذات انابيب اللهب (١٠ بار)

$\zeta_{\circ} = 67.5\ \%$

الوفر

بضبط الهواء الزائد واعادة قياس كل من محتوى الاكسچين ودرجة حراره غازات المدخنه تتحسن الكفاءة الكليه للغلايه ذات انابيب المياه من ٦٦,٤ ٪ إلى ٦٨,٥ ٪

ويكون الوفر السنوى للوقود ٢٨٨ طن / السنه

وتتحسن الكفاءة الكلية للغلايه ذات انابيب اللهب من ٦٧,٥ ٪ إلى ٧٦,٢ ٪

ويكون الوفر السنوى للوقود ٦٠٩ طن / السنه

ويصبح الوفر الكلى السنوى للوقود ٢٨٨ + ٦٠٩ = ٨٩٧ طن / السنه

يوفر سنوى ٨٧٩ × ١٣٠ = ١١٦٦١٠ جنيه مصرى

الفعل

لا تحتاج هذه الفرصه لايه تكلفه وعليه فان هذا الوفر يعتبر استرداداً فوريا

٣ - تصليح نظام البخار

الوصف

بمعرفه مسئولى التشغيل حدد أن

نسبه التسرب ٤ ٪ للغلايه ذات الضغط المنخفض (١٠ بار) نسبه التسرب ٥ ٪ للغلايه ذات الضغط العالى (١٥ بار) من جدول (٦ – ١٧) تحصل على

البخار المتولد سنويا (عند ١٥ بار) = ٦٤٠٠٠ طن / سنه

البخار المتولد سنويا (عند ١٠ بار) = ٣٦٠٠٠ طن / سنه وعليه فان البخار المتسرب :

لغلايه الضغط العالى ٠,٥ × ٦٤٠٠٠ = ٣٢٠٠ طن / السنه

لغلايه الضغط المنخفض ٠,٠٤ × ٣٦٠٠٠ = ١٤٤٠ طن / السنه

الوفر

الفقد الحرارى للغلايه (١٥ بار) = ٣٢٠٠ × ١٢٠٠ × ٢,٢ × ١٠ ^٣^ = ٨,٤ × ١٠ ^٩^ btu فى السنه (الانثالبى = ١٢٠٠ & ١ كجم = ٢,٢ باوند)

الفقد الحرارى للغلايه (١٠ بار) = ١٤٤٠ × ١١٩٥ × ٢,٢ × ١٠ ^٣^ = ٣,٧٨٥ × ١٠ ^٣^ Btu فى السنه (حيث الانثالبى = ١١٩٥) من جدول (٦ – ١٧)

∴ الفقد الحرارى الكلى =٨,٤×١٠^٩ + ٣,٧٨٥ × ١٠ ^٩ = ١٢,١٩ × ١٠ ^٩ btu فى السنه

الفقد الكلى للوقود = (الفقد الحرارى الكلى) ÷ (المحتوى الحرارى للمازوت) × (متوسط الكفاءة)

$$= \frac{١}{٠,٦٦} \times \frac{١٢,٩ \times ١٠^{٩}}{١٨١٢٦} \cong$$ ١٠١٨٩٦٢ باوند فى السنه

(حيث ١ طن =٢٢٠٠ باوند (*IB*))

الفعل

بالصيانه المستمرة لخطوط البخار ومصايد البخار ومواضع الحقن وصمامات البخار يمكن تقليل التسرب فى البخار أو منعه

تكلفه الفقد الكلى للوقود =

٤٦٣ × ١٣٠ = ٦٠١٩٠ جنيه / السنه

الوفر فى المياه

= ٠,٠٤ × ٣٦٠٠٠ + ٠,٠٤ × ٦٤٠٠ = ٤٦٤٠ م^٣ / السنه

تكلفه الوفر فى المياه = ٤٦٤٠ × ٠,٦ = ٢٧٨٤ جنيه / السنه

الوفر الكلى = ٢٧٨٤ + ٦٠١٩٠ = ٦٢٩٧٤ جنيه / السنه

هذا الوفر يمثل فترة استرداد لحظى

٤ - تحسين نظام استعادة المتكاثف

الوصف

يتكون نظام استعادة المتكاثف من خطوط مواسير مختلفة تنقل المتكاثف من مجموعة ماكينات مختلفة إلى خزان المتكاثف. وللاستفاده من هذا المتكاثف والذى يمثل فقد فى الطاقه :

بمعرفه مسئولى التشغيل حدد أن :

* البخار المتولد سنويا (١٠ بار) = ٣٦٠٠٠ طن / السنه
* نسبه المتكاثف الغير مستعاد= ٨٠ ٪
* درجة حرارة المتكاثف = ١٧٥°م

(١ كجم = ٢,٢ باوند)

* درجة حرارة الجو = ٢٥°م

الوفر

المتكاثف الغير مستعاد = ٠,٨×٣٦٠٠٠ = ٢٨٨٠٠ طن / السنه

المحتوى الحرارى = المتكاثف الغير مستعاد × انثالبى المياه

= (٢٨٨٠٠ طن / السنه)× (١٠٠٠ × ٢,٢)(× (٣٣٥) = ٢,١٢ × ١٠ ^١٠^ Btu فى السنه

الوفر السنوى فى الوقود = المحتوى الحرارى / القيمة الحرارية للمازوت × ١ / الكفاءة = ٢,١٢ × ١٠ ^١٠^ / (١٠٠٠ × ٢,٢) × ٠,٦٧ × ١٨١٢٦

= ٧٩٤ طن / السنه

تكلفة الوفر السنوى فى الوقود = ٧٩٤ × ١٣٠ LE = ١٠٣١٥٣ LE فى السنه

الوفر السنوى فى المياه = ٣٦٠٠٠ × ٠,٨ = ٢٨٨٠٠ m^3 فى السنه

تكلفه الوفر السنوى فى المياه = ٢٨٨٠٠ × ٠,٦ LE = ١٧٢٨٠ LE فى السنه

الفعل

يلزم عمل نظام استعاده المتكاثف والذى يتكون من طلمبات ومواسير وصمامات وخزان وتقدر قيمه هذا النظام بحوالى ١١٩٠٠٠ LE

وحيث أن الوفر الكلى = ١٠٣١٥٣ + ١٧٢٨٠ = ١٢٠٤٣٣ LE

وعليه فان فتره الاسترداد حوالى ١ سنه

٥ - تحسين نظام التفوير

الوصف

من نتائج القياسات فان قيمة المواد الصلبة المذابه الكلية :

لمياه التغذية $TDS = 200\ ppm$

ولمياه الغلايه $TDS = 2000\ ppm$

ومعدل التفوير 0,1 kg water / kg steam

يقترح تحسين TDS لمياه الغلايه إلى 3000ppm

(ادارة طلب الطاقه – ٢)

يحسب معدل التفوير بعد التحسين من المعادله

$$\frac{feed\ water * TDS\ (input)}{feed\ water * TDS\ (output)} = \frac{100 * 200}{100 * 3000}$$

$$= 0.066\ kgw\ /\ kgs$$

وفر الوقود السنوى = $anunnal\ fuel\ saving = \dfrac{heat\ content}{Heating\ value\ of\ mazot * \zeta}$

الوفر

الوفر الناتج من تحسين *TDS*

الوفر = $0.1 - 0.066 = 0.034\ kgw\ /\ kgs$

من جدول (٣ – ١٢) ادارة طلب الطاقه – الجزء الأول عند *(1500 KPa) 15 bar*

الوفر الحرارى عند الضغط العالى يكون :

$= Saving * S_{H.P} * Specific\ enthalpy\ of\ water$

$= 0.034 * (64000 t/y) * 10^3 * 2.2 * 365$

$= 1603.7 * 10^6\ Btu/y$

الوفر الحرارى عند الضغط العالى يكون :

$= 0.034 * 36000 * 10^3 * 2.2 * 335 = 982 * 10^6\ Btu/y$

الوفر الحرارى الكلى السنوى :

$= (1603.7 + 982)\ 10^6 = 2585.7 * 10^6\ Btu/y$

الوفر فى الوقود رقم ٦ = $= \dfrac{2585.7 * 10^6 x\ \ (btu/y)}{18126\ (Btu\ /\ IBs) * 0.66}$

$= 217 * 10^3\ Btu/y = 98.7\ t/y$

$= 98.7 * (130\ LE) =$ تكلفة الوفر فى الوقود

$= 12840\ LE/y$

الوفر فى المياه = الوفر × الكمية الكلية للمياه

$3400\ m^3/y = 100000 * 0.034 =$

تكلفة الوفر فى المياه =

$2040\ LE/y = 3400 * 0.6\ LE =$

الفعل

لا تحتاج هذه الفرصة لايه تكلفه وعليه فان هذا الوفر يعتبر استردادا فوريا

جدول (٦-١٧) خطوات حساب الوفر السنوى للوقود نتيجة تحسين كفاءة الغلايات

١ - الغلاية ذات انابيب المياه ١٥ بار، ١٢ طن / ساعة

* درجة حرارة غازات المدخنة ٥٦٧ ° فهرنهيت
* محتوى الاكسچين ٥,٦ ٪
* كفاءة احتراق الوقود ٨١,٣ ٪
* من مسئول التشغيل فان معدل استهلاك الوقود للغلايه

$Q_O = 0.8\ Ton\ Mazot/hr$

حساب الكفاءة الكلية للغلاية قبل الضبط

من جدول رقم (٤-٢٥) لحساب مفقودات العادم لزيت الوقود رقم ٦ من كتاب اداره طلب الطاقه - الجزء الأول

عند درجة حرارة $567\ ^\circ F$ ومحتوى الاكسچين 5.6% تحصل على

المفقودات الحرارية للعادم = 18.3%

كفاءة المدخنه = $\zeta_s = 1 - \frac{18.3}{100} = 81.7\%$

الكفاءة الكلية = $\zeta_o = \zeta_c * \zeta_s = 66.4\%$

حساب الكفاءة الكلية للغلاية قبل الضبط

عند درجة حرارة $480\ ^\circ F$ ومحتوى الاكسچين 6.9% م تحصل على

المفقودات الحرارية للعادم = 17.5%

$\zeta_s = 1 - \frac{17.5}{100} = 82.5\%$

الكفاءة الكليه = $\zeta_N = \zeta_c * \zeta_s = 68.5\%$

الوفر السنوى للوقود :

الوفر السنوى للوقود $\Delta Q = Q_o = (\frac{1}{\zeta_o} - \frac{1}{\zeta_N}) = 0.04\ t/y$

$\Delta Q / year = 0.04*24*300=288 t/y$

$btu / lbs = 2.327\ kJ/kg$

المحتوى الحرارى للمازوت $(HV) = 18126\ btu/lbs$

$= 4400*10^3\ kJ/kg$

كميه الحرارة المختزنه فى المازوت اللازمة لانتاج طن بخار=

$$\frac{\text{كميه الطاقه اللازمه لتوليد البخار المشبع}}{\text{كفاءه الغلايه}}$$

نحصل على البخار المتولد عند ضغط عالى من المعادله

$$S_{HP} = \frac{Q_{HP}*HV*\zeta_o}{H_{HP}\ (\text{انثالبى})}$$

من جدول (٣-١٢) فى كتاب اداره طلب الطاقه - الجزء الأول عند $15\ bar\ (1500KPa)$

$$S_{HP} = \frac{6400*18126*0.664}{1200} \cong 64000\ t/y$$

٢ - الغلاية ذات انابيب اللهب ٦ درجة حراره و ١٠ بار

* درجة حرارة المدخنة ٣٥٨° فهرنهيت
* محتوى الاكسجين ١١,٦ ٪
* كفاءة احتراق الوقود $\zeta_C = 32.9\%$
* من مسئول التشغيل $Q_O = 0.5$

حساب الكفاءة الكلية للغلاية قبل الضبط

من جدول رقم (٤-٢٥) لحساب مفقودات العادم لزيت الوقود رقم ٦ فى كتاب اداره طلب الطاقه - الجزء الأول عند درجة حرارة $358\ ^\circ F$ ومحتوى الاكسجين 11.6% نحصل على

المفقودات الحراريه للعادم = 18.6%

كفاءة المدخنه = $\zeta_S = 1 - \frac{18.6}{100} = 81.4\%$

الكفاءة الكلية = $\zeta_o = \zeta_c * \zeta_s = 67.5\%$

حساب الكفاءة الكلية بعد الضبط

عند درجة حرارة $344\ ^\circ F$ ومحتوى الاكسجين 5.4%

تحصل على

المفقودات الحراريه للعادم = 12.9%

$$\zeta_s = 1 - \frac{12.9.}{100} = 87.1\%$$

التكلفه الكليه = $\zeta_N = \zeta_c * \zeta_s = 76.2\%$

الوفر السنوى للوقود

$$\Delta Q = Q_o\left(\frac{1}{\zeta_o} - \frac{1}{\zeta_N}\right) = 0.085\ t/y$$

$$\Delta Q / year = 0.085*24*300=609\ t/y$$

البخار المتولد عن ضغط منخفض ١٠ بار

من جدول (٣-١٢) فى كتاب ادارة طلب الطاقه ـ الجزء الأول

$$S_{LP} = \frac{36000*18126*0.675}{1195} \cong 36000\ t/y$$

الوفر الكلى السنوى للوقود

$$\Delta Q = 288+609=897\ t/y$$

الباب السابع

الإعلان والتسويق

الإعـــلان :

يعتبر الإعلان أحد العناصر الفعالة والمؤثرة في الخلط الترويجي الذي تعتمد عليه المنشـأة أو الشركة أو الهيئة في فتح أسواق جديـدة وزيـادة استهـلاك طاقـات المسـتخدمين لاستبعـاد السلـع والخدمات المعروضة وترويج الأفكار الإعلانية. ومن أهم مميزات الإعلان قدرتـه على توصيـل رسالة بيع واحدة إلى عدد كبير من الناس أو المشاهدين أو المستهلكين فـي وقت واحد وبتكلفـة قليلة نسبيا .

وتأسيسا على أهمية الإعلان كوسيلة لتحقيق العديد من الأهداف التسويقية ، ودوره في دعـم الموقف التنافسي للمنشأة في السـوق، فيجب دراسـة كافـة العوامـل المؤثـرة على كفاءته لتحقيـق أهدافه .

١ - تعريف الإعلان :

عرفت جمعية التسويق الأمريكية الإعلان بأنه :" المجهودات غير الشخصية التي يدفـع عنـها مقابل لتقديم الأفكار والسلع والخدمات وترويجها بواسطة مؤسسات معينة " .

أنواع الإعلانات

تصنف أنواع الإعلانات طبقا للآتي :

نوع الجمهور – المناطق الجغرافية – النشاط المعلن عنه – أهداف الإعلان – الاستجابة والتأثير – وسائل الإعلان – شكل وتشكيل الإعلان – المضمون ....

يوضح شكل (٧-١) نموذج لأنـواع الإعـلان . ثم وضـع علامـة (٠) كمثـال لإعـــلان خدمـي محلي ، تنشيطي، مباشر يعلن عنه بالصحف أو التليفزيون أو من خلال التوزيع بالمؤتمرات أو المدارس و الجامعات .

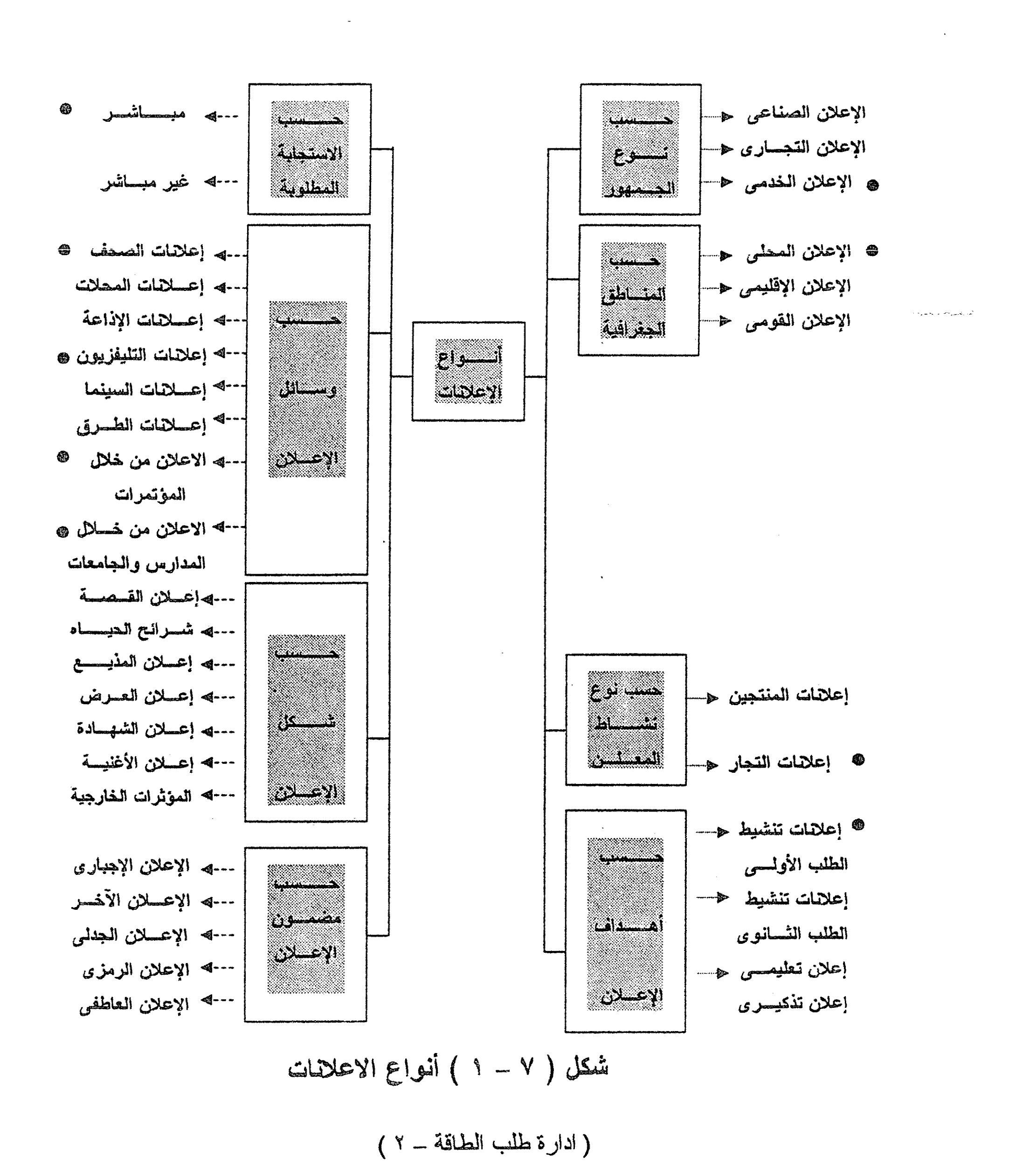
ويوضح شكل (٧-٢) مثال لتوضيح مراحل وقنوات الاتصال بين المعلن والعميل .

(٢) عناصر الإعلان :

إن أهم عناصر الإعلان التي يعتمد عليها في تصميم الرسالة الإعلانية هي :

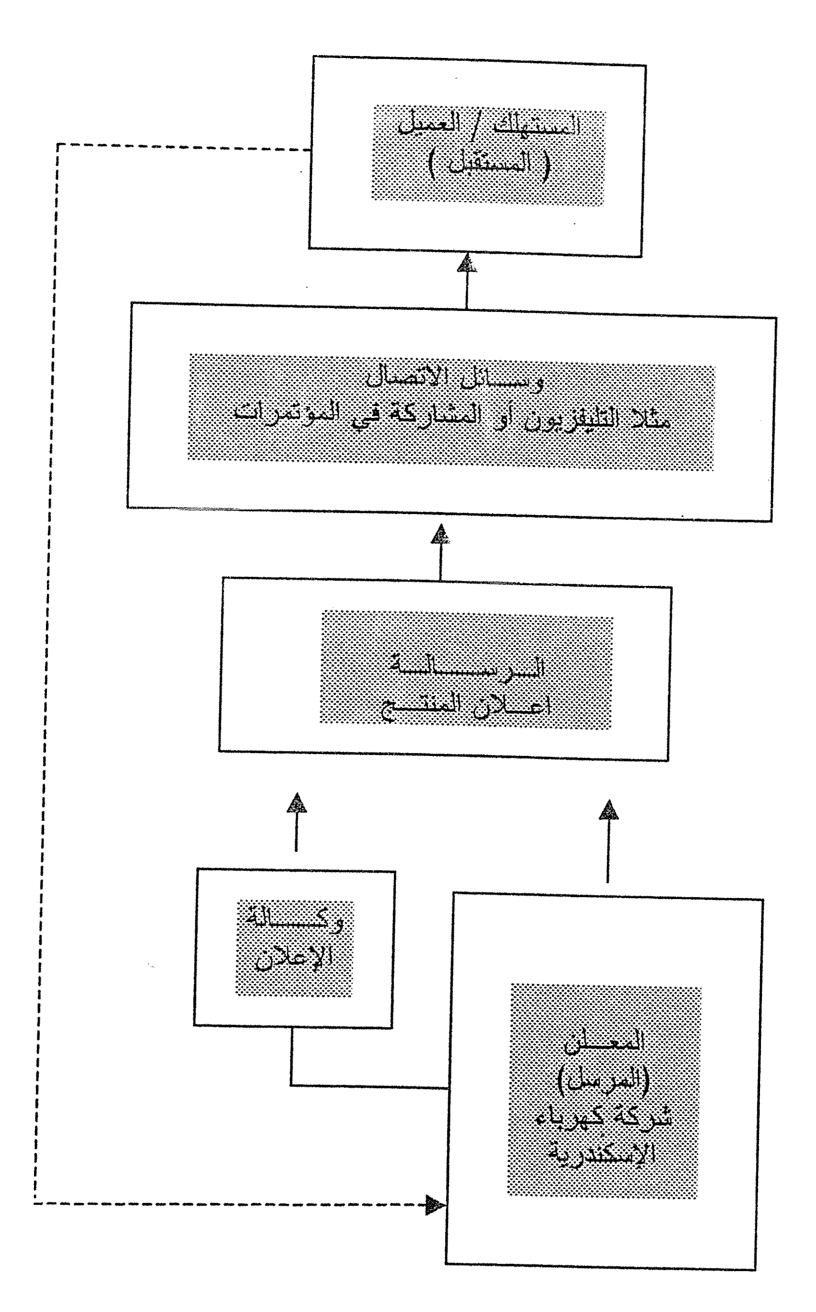
(أ) الصورة أو الرسم : وذلك لتسهيل نقل الفكرة أو المعلومة الرئيسية في الإعلان

(ب) العنـوان : ووظيفته الرئيسية جذب انتباه المستهلك .



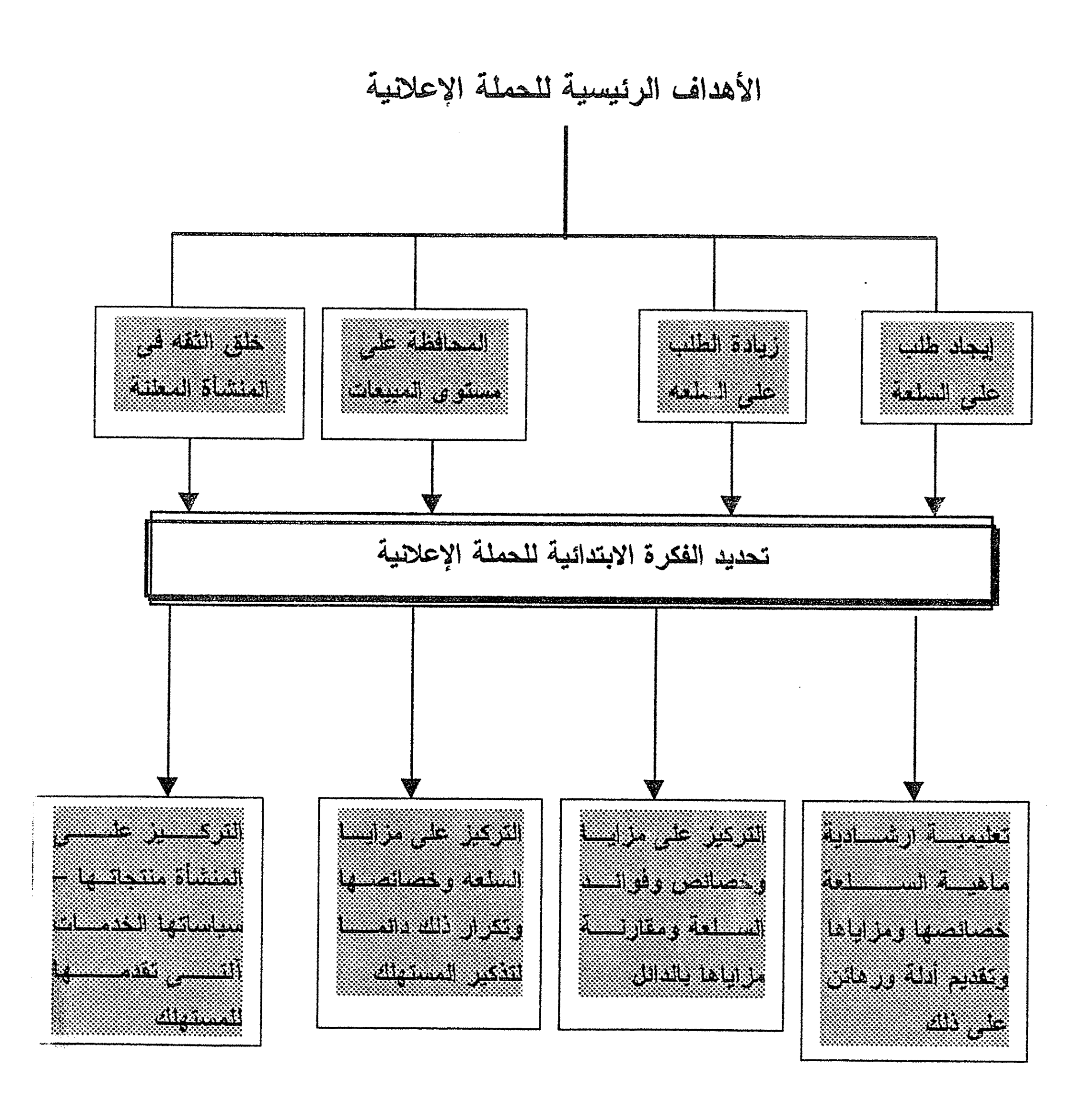
شكل (٧ – ١) أنواع الاعلانات

(ادارة طلب الطاقة – ٢)



شـــــكل (٧-٢) مثال لتوضيح مراحل وقنوات الاتصال بين المعلن وحتى العميل

(ادارة طلب الطاقه – ٢)



شكل (٧-٣) الأهداف الرئيسية للحملة الاعلانية

(ج) العناوين الثانوية : وذلك لتسهيل قراءة الإعلان وفهمه والتأكيد على نقط بيعيه معينة أو مميزات وصفات معينة .
(د) الرسالة التفصيلية : والغرض منها المحافظة على اهتمام القارئ الذي أثير وجعله أكثر رغبة لقراءة التفاصيل عن السلعة أو الخدمة المعلن عنها .
(هـ) السعر : قد يذكر كأحد المغريات البيعية أو لا يذكر .
(و) الخلاصة : غالبا ما تكون في صورة مختصرة وفى صيغة أمر وهدفها التأثير على العميل
(ز) الشعار : ووظيفته ربط إعلانات الحملة الواحدة وتلخيص الفكرة الأساسية المراد نقلها في جملة بسيطة.
(ح) اسم المعلن وعنوانه (تليفون – فاكس – ميل) : يعتبر عامل ربط بين إعلانات الحملة الواحدة وفاصل بين كل إعلان والإعلان الذي يليه .

(٣) إعداد هيكل الإعلان

إن هيكل الإعلان عبارة عن رسم توضيحي لتسجيل كيفية توزيع الأجزاء المختلفة المكونة للإعلان على المساحة الإعلانية (أو الزمن الإعلاني)،ويمر إعداد هذا الهيكل بثلاثة مراحل رئيسية هي :
(أ) مرحلة التصميم الأولى : ويمثل تخطيط سريع لأجزاء الإعلان لمجرد تكوين فكرة عامة عن الإعلان .
(ب) مرحلة التصميم التجريبي : ويمثل صورة (أو صور) تجريبية للإعلان .
(ج) التصميم النهائي : يختار من بين التصميمات التجريبية ، ثم ينفذ بدقة .

(٤) خصائص التصميم الجيد للإعلان

لنجاح الإعلان ينبغي أن يتوافر فى التصميم الجيد الخصائص الآتية :
(أ) التوازن : أي توزيع أجزاء الإعلان على جانب المركز البصري بالتساوي .
(ب) الوحدة : أي ظهور جميع أجزاء الإعلان كوحدة واحدة .
(ج) التباين : لجذب الانتباه والقراءة وتحسين مظهر الإعلان .
(د) الانسياب: أى توجيه العين من نقطة إلى أخرى .
(هـ) المناسبة: فالتصميم يجب أن يتمشى مع شخصيات السلعة المراد خلقها لها .

(٥) وسائل الإعلان :

وسيلة نشر الإعلان هي حاملة الرسالة الإعلانية بغرض توصيلها إلى الأشخاص المستهدفين أو المستهلكين وتتضمن وسائل نشر الإعلان أنواع عديدة منها الجرائد والمجلات والإذاعة

والتليفزيون والسينما والطرق والبريد المباشر والمشاركة في المؤتمرات والاتصال بالمدارس والجامعات وغيرها من الوسائل الموضحة في شكل (٧-١)

٥-١ خطوات اختيار وسيلة الإعلان :

هناك خمسة خطوات لاختيار وسيلة (أو وسائل) الإعلان المناسبة هي :

(أ) تحديد الأهداف المطلوب تحقيقها .

(ب) اختيار النوع العام من وسائل الإعلان الذي يلائم تحقيق الأهداف(مرئية أم مسموعة)

(ج) تحديد النوع الخاص من الوسيلة العامة التي تم اختيارها (مرئية: جرائد – مجلات - داخل الكتب أو القصص مثلا) .

(د) تحديد الوسيلة المناسبة من هذا النوع (الجرائد : الأهرام – الأخبار – الجمهورية – مايو – الشرق الأوسط مثلا)

(هـ) تحديد حجم المساحة الإعلانية أو الزمن الإعلاني .

٥-٢ أسس الاختيار بين وسائل الإعلان

تنقسم أسس الاختيار بين وسائل الإعلان إلى قسمين أساسيين هما :

(أ) الأسس الوصفية : وتتضمن وسائل عديدة منها الوسيلة ومدى احترامها ومدى نفوذها وسيطرتها وتوجهها للرأي العام ،.... الخ .

(ب) الأسس الكمية : وتتضمن إحصائيات التوزيع بالنسبة للجرائد والمجلات وعدد الجمهور المستمع بالنسبة للإذاعة ، وعدد المشاهدين لبرامج وقنوات التليفزيون ، وتكلفة الإعلان بالوسيلة ... الخ .

٥-٣ اختبار الإعلانات وقياس فاعليتها :

لنجاح الإعلان يسعى المعلنون إلى اختبار الإعلان قبل نشره وبعده من أجل التوصل إلى إخراج إعلان ناجح ، وهم يستندون في ذلك إلى إجراء الأبحاث التي تعتمد على تطبيق الأساليب العلمية الفعلية التي من شأنها قياس درجة نجاح الإعلان ، ولقد استحدثت طرق كثيرة لاختبار الإعلانات من أهمها ما يلي :

(أ) الاختبار بواسطة مجموعة من المستهلكين : ويتضمن أخذ أراء عينة من العملاء المستهدفين بالإعلان بخصوص عدة تصميمات لإعلان معين وذلك من أجل اختيار الأحسن من بين هذه التصميمات بعد دراسة وتحليل جملة الآراء المجمعة .

(ب) تجربة الاستفسارات أو عائد الكوبونات : وتتضمن نشر كل من الإعلانات المقترحة في جريدة مثلا على سبيل التجربة ثم قياس النتائج باستقصاء عينة من القراء عما يتذكرونه أو سمعوه بخصوص هذه الإعلانات ، أو بإرفاق كوبون بكل إعلان ، ويعد هذا الكوبون بجائزة أو

منح خصم لمن يعيده إلى المعلن، ثم تحصى وتحلل الردود التي نتجت عن كل إعلان لاختيار الأفضل من بين الإعلانات المقترحة .

(ج) طريقة التعرف والتذكر : يسعى بعض المعلنين إلى الاستفسار من القراء لمعرفة ما يتذكرونه أو سمعوه بخصوص الإعلانات المنشورة استنادا إلى أن الإعلان الذي يفشل أصلا في توصيل الرسالة الإعلانية كلها أو بعضها إلى الجمهور المقصود لا يمكن أن ينجح أو يحقق الهدف منه .

(د) تجربة ناتج المبيعات : تسعى هذه الطريقة لقياس مدى نجاح الإعلان وفاعليته بعد نشره في صورته النهائية وذلك بتحليل المبيعات عند المعلن قبل النشر وبعده، مع مراعاة فاعلية العوامل الأخرى المؤثرة في المبيعات بجانب الإعلان .

تعريف الحملة الإعلانية

هي مجموعة من الأنشطة الإعلانية المتكاملة المخططة الخاصة بمنتج معين والتي تؤدى خلال فترة زمنية محددة وتحتوى على عدة رسائل إعلانية ترتبط بفكرة مشتركة وتوجه من خلال عدة رسائل إعلانية وتكون محددة المصدر.

ويوضح شكل (٧-٣) الأهداف الرئيسية للحملة الإعلانية

المبادئ الأساسية لتخطيط الحملة الإعلانية

- الوصول
- الأثر
- التمييز
- السيطرة
- التكرار
- البساطة
- الكفاءة

المزايا والعيوب لوسائل الإعلان

يوضح جدول (٧-١) بعض المزايا والعيوب النسبية لأهم وسائل الإعلان

كيف تضع خطتك الإعلانية

١- حدد أهدافك الإعلانية

٢- من ؟ حدد الجمهور أو العملاء الموجه لهم الإعلان

٣- ماذا ؟ حدد الرسالة الإعلانية

٤- أين ؟ حدد الوسيلة الإعلانية التي ستستخدمها

جدول (٧-١)

المزايا والعيوب النسبية لأهم وسائل الإعلان

الوسيلة	المزايا	العيوب
١ ـ الجرائد	* مرنة ويمكن توقيتها * تغطى الأسواق المحلية بكثافة * ذات استعمال وقبول * المصداقية العالية للكلمة المكتوبة * دورية (يومية / أسبوعية) *سعرها مناسب للعميل * استخدام الألوان	* مدتها قصيرة * تقرأ بسرعة * قلما يفكر الجمهور بنقل الخبر
٢ ـ المجلات	*اختيار دقيق للعميل المستهدف * تقرأ بشكل هادئ * استخدام الألوان * إطلاع عدد كبير من الأفراد * يمكن استخدام المجلات التجارية المتخصصة لأثاره الاحتياجات لفئات معينة * حياة الإعلان أطول (أسبوع مثلا)	* تحتاج إلى فترة طويلة لظهور الإعلان *انتشار أقل من الجرائد * المكان المناسب للإعلان يحتاج لتكلفة أعلى
٣ ـ التليفزيون	* الصوت والصورة والحركة في نفس الوقت * انتشار وتغطية واسعة * يستقطب كافة الحواس * استخدام الألوان	* تكلفة عالية * المدة الزمنية قصيرة (٣٠-٦٠ثانية) * صعوبة اختيار جمهور المشاهدين المستهدف
٤ ـ البريد المباشر	* الدقة فى اختيار الجمهور المستهدف (العميل) * المرونة * عدم وجود منافسة مع الآخرين * اللمسة الشخصية الموجهة للعميل * وسيلة فعالة لقطاع العملاء الأفراد * يساعد الشركة في ترويج خدمات خاصة	* تكلفة قليلة نسبيا * لا يحظى باهتمام * انخفاض الردود على استفتاءات البريد
٥ ـ الإذاعة	* موجهة إلى جمهور واسع * اختيار الجمهور حسب نوع البرنامج * تكلفة قليلة نسبيا * مرونة جغرافية * يستقطب حاسة السمع	* عمر الإعلان فى الإذاعة محددة * التركيز عليها أقل من التليفزيون * درجة الانتباه للإعلان أقل
٦ـ إعلانات الطرق (الملصقات واللوحات المنقوشة واللوحات المضيئة)	* تكرار مشاهدة الإعلان * العرض على جميع أنواع الجمهور. * العرض على الجمهور المستهدف فى مناطق معينة * تكلفة قليلة نسبيا	* تحتاج إلى أفراد ملمين بالقراءة * تحتاج إلى صيانة مستمرة * لا تصلح إلا لعرض معلومات قليلة (تذكري) * تحتاج مساحات كبيره نسبيا

٥- متى ؟ حدد توقيتات بدء الحملة الإعلانية
٦- كيف ؟ حدد جدولة وتكرار الإعلان
٧- كم ؟ حدد موازنة الإعلان
٨- تنفيذ الحملة الإعلانية
٩- قس استجابة الجمهور
١٠- قيم نتائج الحملة
يوضح شكل (٧-٣) الأهداف الرئيسية للحملة الإعلانية

الحملات الإعلامية

منظومة الإعلام والتوعية

العناصر الأساسية لعمل حملة إعلامية ناجحة

١ - الهدف من الحملة الإعلامية
*غرس قيم وتحسين سلوكيات
* زيادة نسبة مبيعات
* الاستحواذ على نسبة اكبر من السوق واستبعاد المنافسين

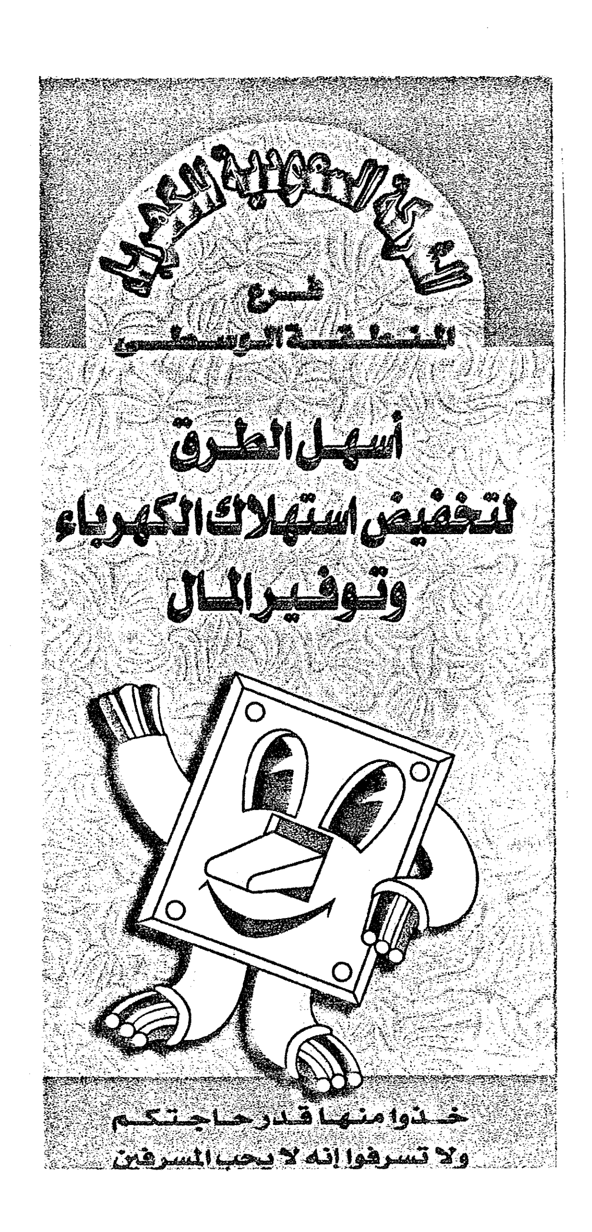
٢ - الشريحة المخاطبة
* حيث يجب تحديد الشريحة المخاطبة لتحديد افضل الوسائل تأثيرا في هذه الشريحة
٣ - الوسائل
* تلفزيون - جريدة - مجلة - رسائل موجهة مطوية .....
٤ - تصميم الحملة الإعلامية
* العناصر الأساسية المراد التركيز عليها وإبرازها والتي من خلالها تتحقق الأهداف المرجوة من هذه الحملة
٥ - التكلفة
* بناء على الميزانية المتاحة يتم تحديد الوسائل المستخدمة وعدد مرات تكرارها

توضح الأشكال من (٧-٤) إلى (٧-١٠) بعض الأمثلة لنماذج نشرات إعلامية للتوعية بترشيد استخدام بعض الأجهزة المنزلية ونظم الإضاءة .



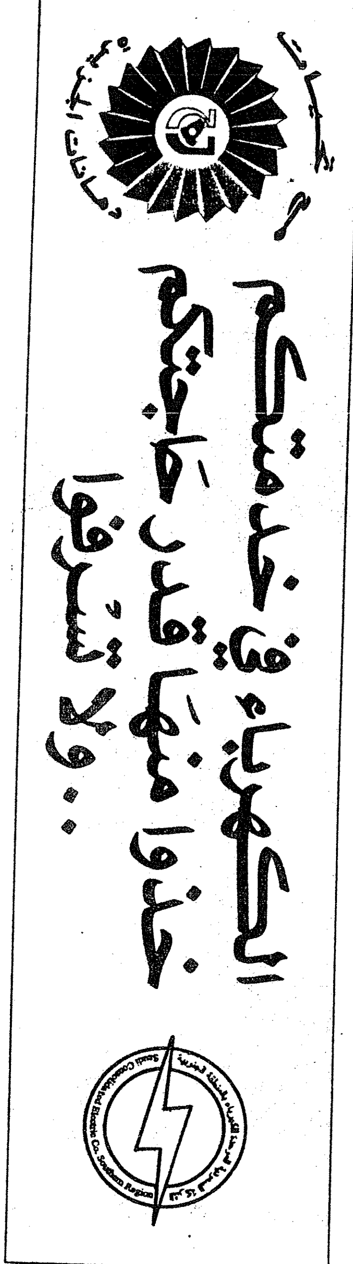
شكل (٧- ٤) نشرة اعلامية صادرة عن
الشركة السعودية الموحدة للكهرباء - المنطقة الوسطى

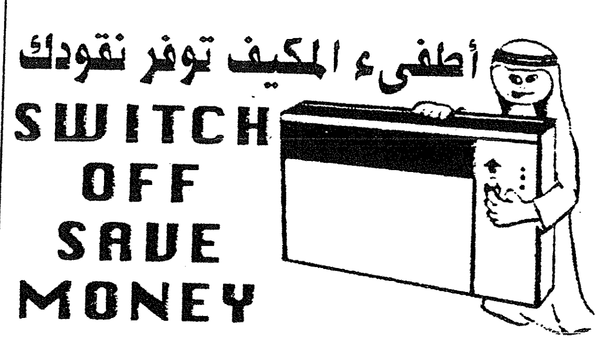
(ادارة طلب الطاقة – ٢)



شكل (٧- ٥) نشرة اعلامية صادرة عن
الشركة السعودية الموحدة للكهرباء - المنطقة الوسطى

(ادارة طلب الطاقة - ٢)



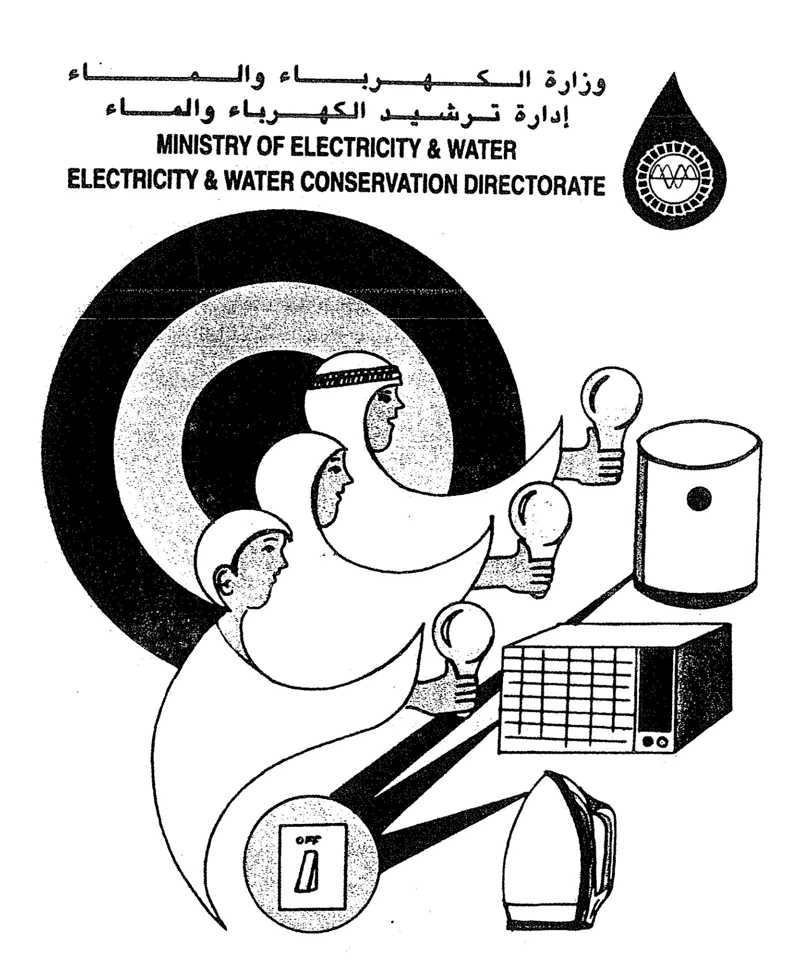




شكل (٧ – ٧)

شكل (٧ – ٦)

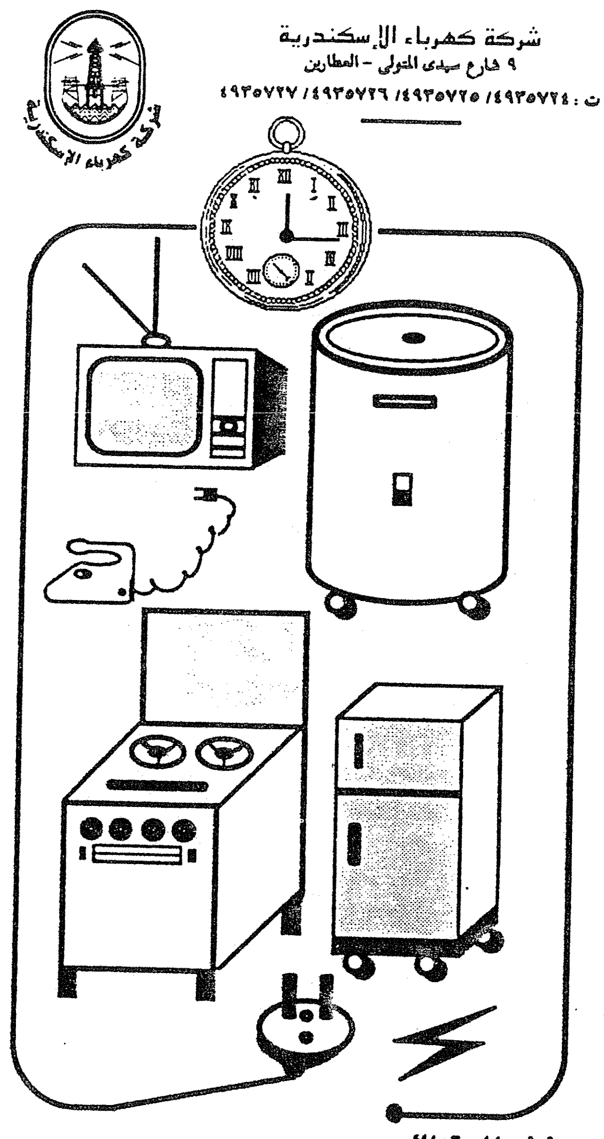
نشرات اعلامية صادرة عن الشركة السعودية
الموحدة للكهرباء – المنطقة الجنوبية
(ادارة طلب الطاقة – ٢)



وفر الكهرباء لك وللأجيال القادمة

Save Electricity for yourself and the future generations

شكل (٧- ٨) نشرة اعلامية صادرة عن
وزارة الكهرباء والماء - البحرين
(ادارة طلب الطاقة - ٢)



مع تحيات / شركة كهرباء الإسكندرية

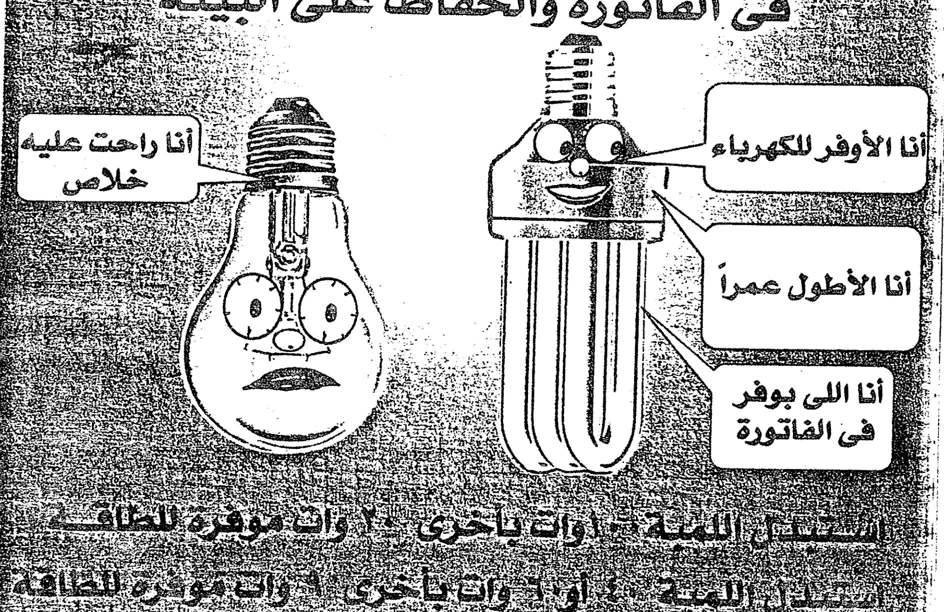
شكل (٧- ٩) نشرة اعلامية صادرة عن شركة توزيع كهرباء الاسكندرية - مصر

(ادارة طلب الطاقة - ٢)

وزارة الكهرباء والطاقة
شركة كهرباء الاسكندرية
ترشيد الطاقة

اليوم وليس غدا

ابدأ معنا فى استخدام اللمبات المدمجة الموفرة للطاقة واستبدل اللمبات العادية بأخرى موفرة للطاقة فهى لمبة ليس لها مثيل فى توفير استهلاك الكهرباء والوفر فى الفاتورة والحفاظ على البيئة



استبدل اللمبة ١٠٠ وات بأخرى ٢٠ وات موفرة للطاقة
استبدل اللمبة ٤٠ أو ٦٠ وات بأخرى ٩ وات موفرة للطاقة

شكل (٧- ١٠) نشرة اعلامية صادرة عن شركة توزيع كهرباء الاسكندرية - مصر

(ادارة طلب الطاقة – ٢)

التســـــويق

ما هو المقصود بالتسويق ؟

التسويــق هو جهد خلاق ومبتكر من جانب الإدارة . يهـدف إلى إحـداث أو خلـق نـوع من المواءمة أو التطابق بين احتياجات ورغبات العملاء أو المستهلكين في سوق أو أسـواق مستهدفة من ناحية وبين إمكانيات وموارد الشركة أو المؤسسة أو الهيئة من ناحية أخرى.
إن القرارات والأنشطة التسويقية ينبغي أن تكون موجهة بالعملاء الذين يشترون السلع والخدمات في النهاية . ومن ثم فإن التسوق ينبغي أن يوجه للإجابة على الأسئلة التالية :
١- ما الذي يريده العميل أو المستهلك ؟
٢- متى يرغب في ذلك ؟
٣- أين يحب أن تصل إليه تلك السلع والخدمات التي يرغب فيها ؟
٤- ما هي الكيفية التي يرغب في الحصول على السلع والخدمات من خلالها ؟
٥- ما هو السعر الذي يمكن دفعه في مقابل تلك السلع والخدمات ؟
أي أن تعريف التسويق هو :
تحقيق الربح من خلال إدارة الموارد والأنشطة التـي تؤكـد علـى وتسـعى إلـى إشباع احتياجـات ورغبات العملاء والمستهلكين الذين يشترون السلع والخدمات .

النجاح التسويقي

لتحقيق النجاح في الجهود التسويقية ينبغي توافر ثلاث مكونات أساسية :
[١] منتج (سلعة او خدمة) موجه نحو إشباع احتياجات ورغبات العملاء .
[٢] تنظيم فعال للجهود والأنشطة التسويقية بالشكل الذي يؤدى إلى حصول العمـلاء علـى السلـع والخدمات المطلوبة .
[٣] خطـة تسـويقية محـدده تحـدد الاستراتيجيات والمسئوليات وخطـط وبرامـج العمل التنفيذيـة لتحقيق النتائج والأهداف المرغوبة .
وتعتبر كل هذه المكونات الثلاث على درجة متساوية من الأهمية ، وذلـك لان الخلـل أو التـهاون في إحداها سوف يؤثر على مستوى النجاح الذي تسـعى إليـه المؤسسـة أو الهيئـة أو الشـركة بـل يمكن أن يؤدى في النهاية إلى الفشل والانهيار .
على سبيل المثال ، فإن السلعة أو الخدمة المتميزة ليس لديها فرصة للنجاح إذا لـم يكـن هنـاك تنظيم فعال ومؤثر للنشاط التسويقي أو لم يكن هناك تخطيط جيد وعمل متكامل . وبنفس المنطق فإن التخطيط الإبتكارى والخلاق لا يمكنه تعويض سلع أو خدمات ضعيفة وغير جيدة أو سيئة .

ومع ذلك فإن الخطة التسويقية المصممة بعناية واهتمام وثقة ودقة بواسطة مدير التسويق المسئول يمكن أن تتغلب بالتأكيد على نقط الضعف في المنتجات أو في تنظيم النشاط التسويقي .

وتجدر الإشارة إلي خطة النشاط في المؤسسة تعنى في كثير من الحالات بالعائد على الاستثمار ثم تضاف الخطة البيعية التي تتفق ، بل وتخضع ، للأرقام المالية .

وفى هذه الحالات فإن المسئولين عن التسويق يسجلون الخطة التسويقية المبنية على أساس الأهداف المالية وليس بناء على معلومات السوق، والتي تترجم بدورها إلي أهداف بيعيه غير واقعية أو خيالية .

وبالمقارنة مع هذا الأسلوب، فإن إعداد الخطط التسويقية بشكل صحيح ينبع ويصدر بالدرجة الأولى من بيانات ومعلومات وإحصائيات عن السوق والعملاء غير خاضعة لحسابات مالية صرفة .

مراحل إعداد الخطة التسويقية

١- المسح التسويقي وإعداد قاعدة البيانات التسويقية الصحيحة والدقيقة بقدر الإمكان .
٢- دراسة القوى والأخطار ومواطن القوة والضعف
٣- تحديد الأهداف التسويقية المختلفة
٤- وضع الاستراتيجيات التسويقية المختلفة
٥- تحديد ميزانية التسويق
٦- الرقابة الدقيقة على تنفيذ الخطة التسويقية بمسئولين موثوق بهم

كيفية تنفيذ الخطة التنفيذية

توجد بعض المتطلبات الضرورية لضمان وضع الخطة التسويقية موضع التنفيذ منها :

١ – جدول المبيعات حسب شهور السنة

بعد التنبؤ بالمبيعات الكلية على مدى العام ، توزع المبيعات السنوية على مدار شهور السنة ، وعند الانتهاء من ذلك سوف يتوفر لديك وسيلة لمراجعة مدى التقدم في تحقيق أهداف الخطة على أساس شهري .

٢ – تخطيط المصروفات التسويقية :

بعد الانتهاء من عمليات حساب النفقات التسويقية الكلية المتوقع صرفها العام القادم لتحقيق الأهداف التسويقية ، يجب أن تدرك انه سوف لا يتم صرف كل هذه المبالغ مرة واحدة ، ولذلك يتم توزيعها على شهور السنة. وبدا يتحدد زمن احتياجاتك المالية لإظهار متى سيتم صرف تلك النفقات أو المصروفات .

٣ - إسناد المهام وتحديد المسئوليات

بعد إلقاء النظرة على الخطة التسويقية بكل مكوناتها حدد المهام المطلوب القيام بها ، وذلك بإسناد كل مهمة أو مجموعة مهام إلي شخص معين ، يجب ان تكون هذه المهام مكتوبة لكي لا يكون هناك أي سوء فهم .

٤ - تحديد مواعيد نهائية لاكتمال المهام :

تنقسم كل مهمة من مهام إعداد الخطة التسويقية إلي مهام فرعية ينبغي استكمالها بتتابع معين لنجاح المشروع الكلى للخطة. على سبيل المثال ، فإن المشاركة الناجحة في أي معرض تجارى أو معرض مصاحب لمؤتمر تتطلب نوعا من الجدول الزمني بتتابع الأحداث أو الأنشطة على الوجه التقريبي التالي :

- اختيار المعارض التي سيتم الاشتراك فيها
- مخاطبة الجهة المنظمة للمعرض
- تحديد الأهداف من وراء الاشتراك في المعرض
- وضع الجدول الزمني لشحن المعروضات
- طلب المواد الترويحية والإعلانية والتعاقد مع عمالة إضافية .. الخ إذا اقتضى الأمر ذلك .
- التخطيط لعمل الأفراد الذين سيقومون بتغطية المعرض
- الترتيبات اللازمة لتثبيت المعروضات في البداية وكذلك أنشطة فك / نقل المعروضات في نهاية مدة المعرض
- الترتيبات المتعلقة بالسفر والإقامة (إن كانت بالخارج)
- الترتيبات المتعلقة بالمناولة والتسليم للمواد المعروضة

لاحظ انه طالما هذه العملية يجب إن تبدأ بها قبل بداية المعرض بفترة زمنية قد تصل إلى عام ، فمن الممكن نسيان إحدى هذه الخطوات ، الأمر الذي يقلل من فرص نجاح المؤسسة في تحقيق النتائج المرغوبة من الاشتراك في المعرض .

وعليه يجب تحديد المواعيد النهائية للانتهاء من أعمال او مهام معينة أو تطلب من الشخص المسئول عن هذه المهمة ان يقدم تقريرا بتلك المواعيد النهائية ، ولاشك إن البديل الثاني يشجع اكثر على المبادرة والمشاركة من جانب الأشخاص المسئولين عن تلك المهام .

٥- وضع نظام للرقابة على الخطة التسويقية

بعد الانتهاء من الأنشطة الأربع السابقة وهى :

- جدول المبيعات حسب شهور السنة

- تخطيط المصروفات التسويقية
- إسناد المهام وتحديد المسئوليات
- تحديد مواعيد نهائية لاستكمال المهام

عندئذ ستكون قد وضعت بالفعل أسلوب متكامل للرقابة على الخطة التسويقية .
ومن خلال ذلك يمكنك تقييم مدى التقدم نحو تحقيق الأهداف التسويقية بدرجة كبيرة من الدقة .

منظومة الإعلام والتوعية في كفاءة الطاقة

الهدف :

* تصميم حملة إعلامية بغرض إقناع شرائح معينة (صناعي - تجارى - سكنى) من المجتمع بضرورة ترشيد الطاقة بمختلف أنواعها
* إيجاد قناعة بأن يكون لكل فرد دور إصلاحي في المجتمع المحيط الذي يعيش فيه
* بيان الأسباب التي تؤدى إلى استخدام الطاقة استخداما غير اقتصاديا وضار بالبيئة
* لماذا ندعو لترشيد استهلاك الطاقة

الإجراءات :

* ما هي الإجراءات التي تتبعها الشركة للوصول إلى الهدف
* هل يوجد خطة للشركة في هذا المجال وما هي اوجه هذه الخطة
* هل كانت هذه الخطة كافية أم لا
* ما هي المعوقات التي تحول دون تحقيق أهداف الخطة
* هل حاولنا تذليل هذه العقبات (إدارية - مالية - اجتماعية .)
* أين نحن من استهلاك الطاقة إقليميا - عالميا

كيف تخلق الرغبة وتقنع مستهلك الكهرباء بهدف الترشيد ؟

حتى تستطيع خلق الرغبة لدى المستهلك وإقناعه بأن ما تقترحه سليم ويحقق مصلحته فإن عليك الوصول إلى :

(أ) تقبله إياك ، وإيمانه بصدقك وإخلاصك .
(ب) إثبات أن خدمتك ستوفر له المنافع والفوائد التي ذكرتها .

واليك بعض أنواع التصرفات والسلوك التي تحكم الموضوع :

سلوك يبنى الاقتناع	سلوك يهدم الاقتناع
أن تكون متحمسا ولكن بواقعية	أن تكون منفعلا ولا تبدو بمظهر مناسب
أن تكون هادئا ، جادا ، بادئ العزم	أن تكون عاطفيا
أن تتكلم بقوة ووضوح وثقة	أن تبدو مرتبكا متلعثما في الكلام
أن تشرح أهداف الترشيد بعناية	أن تقدم إيضاحات سطحية زائفة
أن تبدى ولاء لشركتك أو خدمتك	أن تبدو متلهفا على إبرام الصفقة دون إتمام الخدمة
ألا تعد بما لا تستطيع الوفاء به	أن تحط من خدمات شركتك أو منافسيك
أن تظهر بشكل واضح أين تفكر وتسعى إلى إرضاء المستهلك	أن تسرف في إعطاء الوعود أو تقول ادعاءات مبالغ فيها
تصرف كرجل أعمال	أن تظهر أنك لا تفكر إلا في نفسك

لنجاح مهارات التعامل مع المستهلكين يجب مراعاة النقاط التالية

- لخص الموضوع وفقا للمنافع والمميزات التي تعود على المستهلك (العميل)
- وجه أسئلة قصيرة ومغلقة
- نظم وقتك وحاول السيطرة عليه أثناء المقابلة
- حافظ على هدوئك وكن واقعيا
- أنصت إلى المستهلك جيدا
- أظهر الرغبة في خدمة المستهلك وتحقيق مصلحته
- أسعى إلى كسب ثقة المستهلك
- رد على جميع الأسئلة والاعتراضات بصبر
- شجع المستهلك على طرح أفكاره
- أعرض عليه خبرات الشركة
- أظهر واعرض مزايا اتخاذ القرار بترشيد استخدام الطاقة مثلا
- أظهر واعرض مساوئ تأجيل اتخاذ القرار
- أظهر استعدادك لخدمته

الباب الثامن

تصميم معدل أسعار الكهرباء

Electric Utility Rate Design

نقدم فى هذا الباب تصميم معدل الأسعار لمرافق الكهرباء للقارئ الغير واسع الإطلاع عن صناعة مرافق الكهرباء وعملية تصميم معدل الأسعار. يتكون هذا الباب من ثلاثة أجزاء، الجزء الأول، يشتمل على المعلومات الضرورية لفهم العملية الحقيقية لتصميم معدل الأسعار.

حيث يعرض نظرة عامّة عن الصناعة، وعن كيفية تشغيل مرافق الكهرباء، من المستهلك الفردي، إلى محطة الكهرباء، إلى نقل الطاقة، ويدعم في النهاية إلى عداد الأستهلاك.

يلى ذلك عرض للمستهلك وكيفية إستعماله للكهرباء، وأيضا، كيفية قياس الكهرباء. ومصادر المعلومات المالية الضرورية إلى فهم العوامل التي تؤخذ في الاعتبار لتصميم معدل الأسعار.

ويبدأ الجزء الثاني، بتعريف عملية تطوّر معدل الأسعار، التكلفة وكيفية انعكاسها في جداول معدل الأسعار. ويوضح أن تأثير وقت الإستعمال والطرق المختلفة لتقييم حساب التكاليف لابد أن تكون بعد مناقشة مبادئ بحث الحمل وإدارة الحمل. بينما ينتهي هذا الجزء بنظرة في تأثير فقرات التعديل والمعدّلات الأخرى على جداول معدل الأسعار.

وأخيرا يستعرض الجزء الثالث وجهة نظر مستقبلية لبعض المعلومات المساعدة الإضافية وتطوّر معدل الأسعار الحالي، ويبحث بعض الميول الظاهرة في الصناعة.

١ ــ نظرة عامّة عن الصناعة

الفاتورة

أصبحت صناعة معدل الأسعار فنّ ، ويتم وضع قسيمة السعر على المنتج بمرفق الإنتاج. وبما أن ذلك المنتج كهرباء، فأن العملية تختلف جوهريا عن وظيفة التسعير فى الصناعات الأخرى، و خدمات المرافق الأخرى. ويتطور الاختلاف فى الإجراء طبقا لطبيعة الكهرباء الفريدة و المتميزة.

طبيعة المنتج

وحيث أن انتقال الكهرباء يتم بسرعة الضوء، أى ١٨٦,٠٠٠ ميل فى الثانية لذلك فإن الكمية المطلوبة من قبل المستهلك من الكهرباء لخدمة المرافق لايمكن تخزينها ويجب أن تولد وترسل في خلال كسر متناهي الصغر لثانية من الوقت لأيّ إستعمال من قبل المستهلك.

يجب أن تقابل مرافق الكهرباء الحمل المطلوب للمستهلكين في وقت الذروة. لكي لا تخلق مشاكل في التشغيل . لأن المصدر يجب أن يكون قادر على مقابلة الطلب على مثل هذه المهلة القصيرة، ويجب أن تكون سعة خطة المرفق مساوية على الأقل للحمل الأقصى الذي يمكن أن يتوقع أن يكون مفروض في نفس الوقت ، كما يجب أن يكون إرساله وتجهيزات توزيعه بنفس الحجم وفقا لذلك. على أية حال، للسماح للإختلافات الغير متوقعة في الحمل، فإنه من الضروري تزويد النظام بالمرونة فى حالات تشغيل الطوارئ عند الاختلافات الغير متوقعة فى الحمل والانقطاعات وصيانة الأجهزة وذلك بوضع سعة إضافية.

أنماط المستهلكين

عادة لا يفكر المستهلك فيما يدور حوله ، فبينما يستخدم مستهلك (أ) الإضاءة. نجد أن جاره مستهلك (ب)، يستخدم الإضاءة، وتدفئة كهربائية، ومكواة، ومجفف، الخ.

نتيجة للإختلافات في أسلوب الحياة وإستخدام الأجهزة المنزلية التي تؤدّي إلى الأنماط المتنوّعة من الطلب على الكهرباء فأن كلّ مستهلك لا يستهلك إستعماله الأعظم من الكهرباء في نفس الوقت.فمثلا يحدث طلب الذروة للطاقة للمستهلك (أ) في الساعة الخامسة مساءاً، بينما جاره، المستهلك (ب) ، لا يصل وقت طلب الذروة للطاقة له حتى الساعة السابعة مساءاً. في هذا المثال، حمل المستهلك الأول قد يكون متناقص بينما حمل جاره يرتفع لحدّه الأقصى للقيمة. (يلاحظ بأنّ هذا المثال يشير إلى الإستعمال السكني. الصناعي, التجاري, وأحمال إنارة الشوارع ,و قد يحدث كلّ الحمل في أيام مختلفة وفي أوقات مختلفة)

تطابق الإستعمال

من أهم الاساسيات عند تصميم معدل الاسعار الاخذ فى الاعتبار تأثير التطابق (Coincidence) أو الصدفة عندما تشترك أحمال المستهلك (أ) أو المستهلك (ب) (واحمال المستهلكين الاخرين) ، ولماذا عندما يقع الحمل فى مكان ما مثلا بين الساعة الخامسة والسابعة يكون مقداره أقل من قيمة حملين الذروة الفرديين ؟ والحقيقة أن حمل الذروة المشترك بالتطابق يكون أقل من قيمة أحمال الذروة الفردية لان المستهلك (أ) قد يستهلك كهرباء أقل بينما المستهلك (ب) لايصل إلى حمله.

ومن أهم العوامل فى محطة التوليد هو الحمل المشترك ولكن عند نقطة توريد او امداد الخدمة إلى المستهلك فى حالات مختلفة .

على سبيل المثال ، عند توصيل خط هوائى إلى منزل المستهلك (أ) فإنه يتم اختيار خدمة الكابلات ، العداد الكهربائى للمحاسبة ، ومواد الاجهزة الكهربائية على أساس نوعية واحدة لاستعمال المستهلك ، ولاتمر خدمة جيرانه من خلال عداده . ويتم إمداد الخدمة وقياسها للمستهلك (ب) وجيران آخرون بوسائل منفصلة . ويكون محوّل الخط النموذجي "، يصلح لأن يمد من عشر إلى خمسة عشر مستهلك. وينعكس التنويع في أنماط المستهلكين في طلباتهم الفردية المتزامنة مع وقت حدوث الذروة.

ويتفاوت تأثير التنويع على النظام الكهربائي، بعدد المستهلكين متضمنا أنواع التطبيقات. ويكون أعظم تأثير عند التوليد، وأقلّ عند نقطة تسليم الخدمة.

ويمكن تمثيل الأهمية الإقتصادية للتنويع بالمثال:- إعتبر علاقة حمل صنف سكني مثالية. وأن الحمل المشترك المتوافق الأقصى لكلّ المستهلكين في ذلك التصنيف، ليوم شتائي، نموذجيا قد يكون منخفض بنسبة ٤٠% من قيمة الأحمال الفردية القصوى. وبفرض أن كلّ المستهلكين فى حالة إستعمالهم الأقصى في نفس الوقت. فإن سعة الخطة يجب أن تكون إثنان أو مرة ونصف من القيمة القصوى ، والتكلفة الإقتصادية ستكون أكثر من مضاعفة.

بالرغم من إختلاف أنماط مستهلكين فرديين من الإستعمال فإن هناك إستقرار في النمط العامّ عند آلاف عديدة من المستهلكين. وتهتم الإختلافات الفردية بالمعدل الخارجي لكل منحنى حمل نظام له نفس الشكل خلال فترة ال ٢٤ ساعة متعاقبة على أيام الإسبوع. متضمنة عطلة نهاية الإسبوع والعطلات الإستثنائية. سيتغير مقدار الحمل اليومى بنسبة ١٠% أو أكثر يوميا بسبب التغييرات في الأحوال الجوية، وتأثير العوامل المحلية الاخرى على إستعمال الكهرباء. على أية حال فإن مخطط

منحنى حمل النظام لكل ساعة أثناء اليوم يميل إلى أن يكون تكراري بشكل معقول على قاعدة موسميّة، ويعتمد تشغيل خطط المرفق ليوم للأمام بشكل كبير على هذا التوقع.

تغييرات الاحمال

تعطى إختلافات متطلبات حمل النظام من ساعة لساعة إنعكاس مباشر عن النشاطات اليومية للناس. والحمل ينخفض نسبيا أثناء فترة من منتصف الليل إلى بضعة ساعات قبل الفجر، بينما يبدأ بالزيادة حين يستيقظ الناس ويبدأون النشاطات اليومية. عند وصول حمل الذروة لليوم تحتاج سعة الخطة لتلبية ذلك الطلب الضعف أو ثلاث أضعاف الذي إستعمل في السّاعة الثالثة في الصباح.

تعتمد زيادة الاحمال أو نقصها فجأة على طبيعة منطقة خدمة المرفق وفصول السّنة. وتحدث قيمة الذروة لأغلبية المرافق أثناء فصل الصيف. بينما هناك، عدد أساسي من مرافق بلوغ الذروة الشتائية. ويختلف مع ذلك شكل الحمل المميز من مرفق إلى مرفق. هناك مشكلة تشغيل شائعة في محطة الكهرباء. حيث يجب أن توضع الإضافة الملائمة لوحدات التوليد في الخدمة عندما يزداد الطلب على الحمل ، ويتم عزل الخط عندما ينخفض الحمل .

وأصبحت جدولة المولدات عملية معقدة ولكنها هامة بالنسبة لتأثيث خدمة كهربائية ، وقد أصبحت اليوم تتم من خلال الحاسبات الشخصية .

عملية توليد الكهرباء

تستلزم إختلافات أحمال المستهلك استجابة محطة الكهرباء من ناحية طبيعة أجهزة التوليد التى تحتاجها لكى تلبّي المتطلبات بأي وقت معطى.

تمد وحدات التوليد الحمل الأساسي بكميات كبيرة من الطاقة وتعمل بسعة كاملة لفترات طويلة من الوقت و من ناحية الإستثمار الرأسمالي، فهى الوحدات الأكثر تكلفة. وتعمل وحدات التوليد عادة بالوقود مثل : فحم، نووي، وتكون الوحدات الاكثر اقتصادية من ناحية تكلفة التشغيل هى الاقل فى استهلاك النفط .

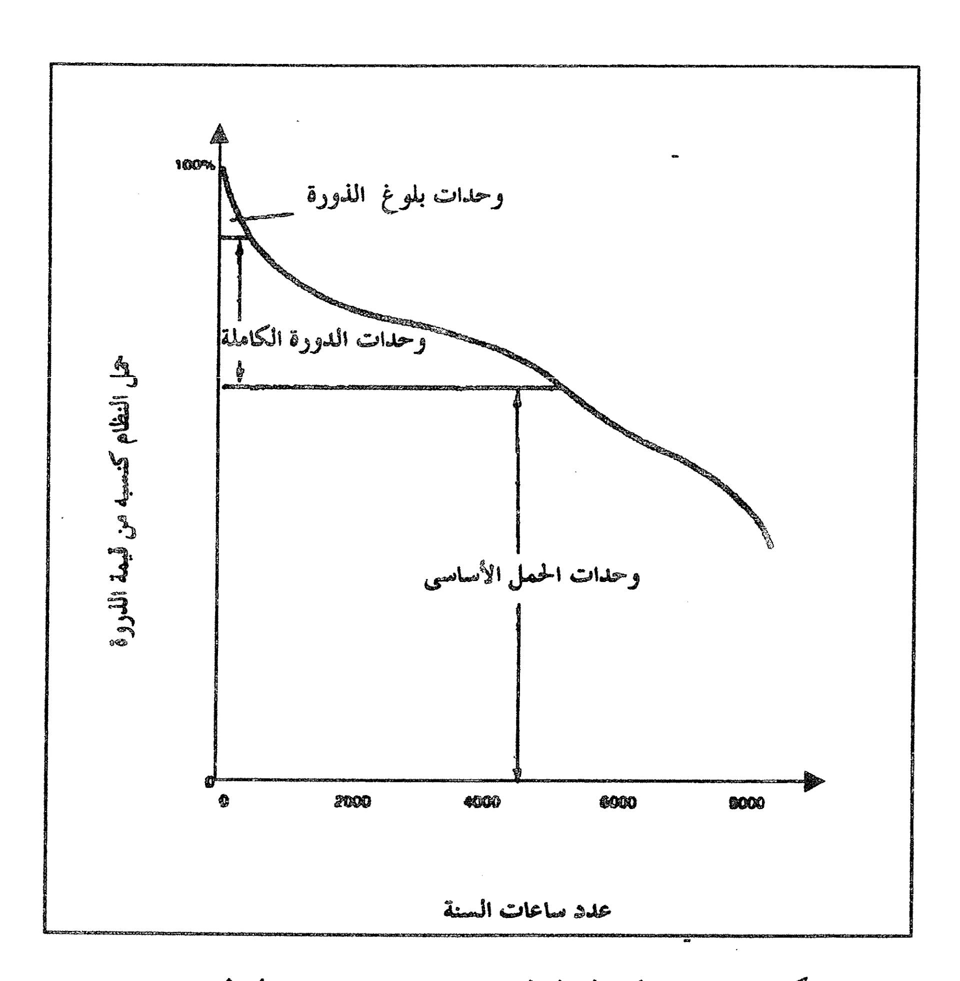
وتكون التوربينات التى تعمل بالمازوت أو بالغاز أو ديزل الاحتراق من الوحدات الاقل تكلفة من ناحية الاستثمار الرأسمالى لكن الاكثر تكلفة فىالتشغيل وذلك لان طبيعة جدول التشغيل قد تتطلب استعمال تجاوز وحدات فقط لـ ٤٠٠ ساعة من ٨٧٦٠ ساعة سنويا.

وعند تطبيق دورة كاملة أو متوسطة على الاجهزة المنتجة للطاقة التى تعمل أثناء تلك الساعات من اليوم وعندما يزيد حمل النظام فوق مستوى الحمل الاساسى للمعدة . ولكن لايصل إلى مستوى بلوغه الذروة للوحدات وأعتمادا على شروط الحمل فى ذلك الوقت فإن هذه الوحدات لاتعمل أثناء ساعات الحمل الاخف للنظام وهذه الوحدات تكون عادة فحم أو وحدات نفط أو كهرومائية .

تصور المقارنة الاقتصادية بين الحمل الاساسى وحمل الوحدات المشكلة الاساسية لجدولة المولد . ولابد من انجاز موازنة أقتصادية فى بعث وحدات توليد المرافق المختلفة لان تكاليف رأس المال لوحدة بلوغ الذروة قد تكون ربع النفقة لكل كيلووات لاجهزة الحمل الاساسية بينما تكون نفقة التشغيل لتوليد كيلووات ساعة (باستعمال وحدة بلوغ الذروة) أربع مرات نفقة توليدها بأجهزة الحمل الاساسية .
يوضح شكل (٨-١) منحنى دوام الحمل السنوى لوحدات التوليد

توريد الطاقة الكهربائية إلى المستهلك

يتم توليد الطاقة الكهربائية من مزيج من الوحدات ثم تورد إلى المستهلك.
يشكل النقل وتجهيزات التوزيع الشرايين خلال نقل الطاقة إلى المستهلك ولكي تنتقل الكهرباء بكفاءة على مسافات بعيدة من تجمع سكني أو أكثر فيجب أن تكون مستويات جهود النقل أعلى بكثير من الوضع الطبيعي المطلوب لتقليل الفقد. على سبيل المثال تعمل مولدات في محطة الكهرباء على جهد ١٣٠٠٠ فولت. (محولات رفع الجهد في تلك المحطة قد ترفع هذا الجهد إلى ٢٣٠٠٠٠ فولت للنقل وأغراض الترابط، ومغذيات تعمل على ٦٩٠٠٠ فولت، ١٣٨٠٠٠ فولت أو على مستويات الفولت الآخر؛ المستويات قد تشكل الصلات الرئيسية بين مراكز الحمل والتوليد.) كما يكون هناك مغذيات جهود للتوزيع عديدة، من ٢٣٠٠ فولت فيما أعلى و يعتمد إختيار الجهود على الكثافة ونوع الحمل وتعدد المستهلكين، و عوامل تصميم كهربائية.
تعمل خطوط التوزيع الإبتدائية في مستويات الجهود من ٢٣٠٠ فولت إلى ٢٢٠٠٠ فولت أو أعلى وعناصر القدرة لعملية التوزيع. تنقل كميات أساسية من الطاقة إلى النقاط في كافة أنحاء منطقة الخدمة حيث تركيز الحمل. في حالات كثيرة قد يمد خط إبتدائي لعدد من الأميال لخدمة بعض من المستهلكين في المناطق المأهولة بالسكان بشكل متناثر. وقد يركب خط محولات في النقاط المختلفة المجاورة لمواقع المستهلك، لخفض الجهد من المستوى الإبتدائي إلى المستوى الثانوي، الذي يتراوح عادة من ١٢٠ فولت إلى ٦٠٠ فولت. ويتم نقل الكهرباء إلى المستهلكين عن طريق خطوط ربط تعمل عند الجهود الثانوية الملائمة لذلك المستهلك.
تكاليف أنشاء خطوط الجهد العالي أكثر بكثير من خطوط الجهد المنخفض. وبأستخدام نفس مساحة مقطع الموصل الكهربائي، تكون خطوط الجهد العالي قادرة على حمل الطاقة الأكثر بكثير من خطوط الجهد المنخفض. كل مستوى له مكانه الصحيح في تصميم النظام، لكن يجب أن يصل الاتزان الإقتصادى والفنى في كل قرار تخطيطى بين الطاقة التي تنقل من المحطة والتكلفة الإجمالية.



شكل (٨-١) النمط المثالي لاستخدام وحدات التوليد سنويا

(منحنى دوام الحمل)

قياس الطاقة الكهربائية

بينما تصل خطوط التوزيع للمستهلك، تكون العدادات مجهّزة بالمرفق لكى تقيس الخدمة أى الطاقة الكهربائية المستهلكة. هذه الاجهزة قد تكون معدة وحيدة لتسجيل إستهلاك الطاقة فقط بالكيلو وات ساعة ، أو هي قد تكون مزيجا معقدا من الأدوات التي تسجّل الكيلو وات في أي وقت من اليوم. إعتماد على حجم الحمل، وطبيعة المقاييس، وقد تكون تكلفة العدادات الكهربائية صغيرة ٢٥$ لمستهلك سكني أو قد تكون آلاف عديدة من الدولارات للأجهزة اللازمة لقياس الخدمة فى منشأة صناعية كبيرة.

اللجان التنظيمية

تخضع مرافق الكهرباء فى كثير من البلدان (الولايات المتحدة مثلا) للسلطة التنظيمية لكل من الحكومة الاتحادية والاجهزة الحكومية الرسمية . أما معدلات المبيعات والتى تغطى خدمة الطاقة المباعة مباشرة إلى المستهلك فهى منظمة على المستوى الرسمى . بينما تخضع معدلات إجمالى المبيعات والتى تغطى كهرباء البيع لاعادة البيع (مثل تعاونية بلدية أو مرفق آخر) للسلطة القضائية .

احتياجات رأس المال

تمثل مرافق الكهرباء الكثافة الراسمالية حيث تمثل الاستثمار فى المحطة وأجهزتها من ثلاث إلى أربع مرات دخل المرفق الكلى السنوى . وهذا يتفاوت بحدة بأكثر الاعمال التجارية الاخرى حيث النسبة المقارنة قد تكون بين واحد وواحد ونصف ، وفى أكثر الحالات تكون أقل من الواحد

يعتبر التمويل أحد مشاكل المرافق الرئيسية ، حيث يجب أن تباع السندات المالية فى السوق بأسعار فائدة مناسبة للمشترين (ولسوء الحظ فإن الوقت المطلوب ليس بالضرورة أن يكون الوقت الاكثر مناسبة لبيع السندات المالية) . وعندما يزيد الطلب العام للكهرباء فإن الحاجة لسعة محطة أضافية قد تجعلها غير عملية لانتظار وقت أفضل فى السوق .

كلفة المال

تتطور أسعار الكهرباء نتيجة تصميم كلفة المال فى السوق فى الوقت الحاضر ، وتترجم تلك الكلفة إلى "معدل العائد المسموح" (*allowable rate of return*) على تكاليف إنشاء الشركات ، وقد صممت المعدلات لمقابلة هذه التكلفة كما أن كل النفقات الاخرى تم تحميلها فى تأسيس الخدمة الكهربائية .

تمت إجراءات تنظيمية من قبل لجان أعمال شبه قضائية وقد يصوت أى طرف مهتم بالموافقة أو الرفض ، وتتضمن العملية الرسمية العديد من الاجراءات القضائية والتى

تستغرق اكثر من سنة لاستكمالها . ويمثل الفاصل الزمنى بين التطبيق والموافقة عامل مهم جدا فى الاقتصاد التضخمى .

معدل العائد (*Rate of return*)

لابد أن تكون النسب مستندة على تنبوء سنة كاملة، لأن المرافق لا تستطيع أن تكسب "معدل الفائد المسموح" بسبب التكاليف المتزايدة أثناء فترة الدراسة.
قد تكون التكلفة التنظيمية من صيغة المال كالتالي:
التمويل يشمل الروابط، ملاحظات (٥٥%)، التفضيل (١٠%)، وأسهم عادية (٣٥%).

البند	تكلفة الإنشاء	تكلفة العائد	وزن التكلفة
دين (*debt*)	%٥٥	%٨	%٤.٤
فضلت (*preferred*)	%١٠	%٩	%٠,٩
مة (*common*)	%٣٥	%١٦	%٥,٦
ئد	%١٠٠		%١٠,٩

بتطبيق إستثمار المرفق يكون وزن معدل العائد ١٠,٩%، و بعد بعض التعديلات، يتم حساب الدولارات العائدة التى سمحت بها اللجنة. وتكون قيمتها بعد إضافة علاوات ملائمة لتغطية التلف، والضرائب، ونفقات التشغيل .
والهدف من تصميم معدل الاسعار هو مستوى الدخل الذى يقوم الجهاز التنظيمى بتأسيسه.

٢ ـ إستعمال المشترك للمنتج الكهربى

لايمكن أن يسيطر المرفق على نمط طلب المشترك . والإستجابة لطلبات المشتركين هو مسئولية المرفق وذلك للتزويد بكمية الكهرباء الكافية حتى فى وقت انهيار أو أعطال الإجهزة والمعدات .
من المصلحة الحيوية لمرافق الخدمات هو إمكانية معرفة أنماط إستهلاك المشتركين. وتحليل هذه الأنماط المتوقعة للإستهلاك من قبل مجموعات المشتركين الرئيسية التى تسمى "بحث الحمل." ولايمكن لكميات الكهرباء التى يحتاجها المرفق أن تخزن ثم تستخدم وقت الاحتياج.
يقوم المرفق بتشجيع نمط إستهلاك مشترك معين . وتعتمد مفاهيم تحكم وإدارة الحمل على رد المشترك لتسعير الكهرباء أو إلى استعمال أدوات نقل أخرى (وقد يتم فصل بعض من أجهزة المشترك عن خطوط المرفق فى ساعات حرجة من اليوم) ويقوم سلوك المستهلك بتطوير احتياج الطاقة النهائى.

٢ ـ ١ أنواع المشتركين

أنماط إستعمال الكهرباء، تنقسم إلى ثلاثة أنواع رئيسية كالتّالي:

أ ـ الخدمة المنزلية *Residential service*

تتضمّن الأشغال المحلية مثل المنازل والشقق.

ب ـ الخدمة التجارية *Commercial service*

وتتمثل في المحلات التجارية الكبيرة والصغيرة. كما يتضمّن تشكيلة واسعة من العمل ونشاطات الخدمة من مخزن صغير إلى الفنادق الكبيرة، شقق سكنية وأخرى مثل البيع بالجملة وأعمال تجارية مثل البيع بالتجزئة.

ج ـ الخدمة الصناعية *Industrial service*

تتعلق هذه الخدمة بالصناعة لكنها قد تكون مشابهه للخدمات التجارية الكبيرة.
و يعتبر أولئك المشتركين كمجموعة لها خصائص الحمل المتجانسة بشكل معقول، ومعدلات تجعلها مجموعات بدلا من منفردة. وهناك إختلافات متميّزة في أنماط الإستعمال وضعت من قبل هذه المجموعات. ويوضح شكل (٨-٢) خصائص كلّ هذه المكوّنات من حمل النظام والمعرفة "بخصائص الحمل للنوع".

منحنى حمل النظام

في محطة التوليد، لابد أن يكون إحتياج الطاقة الكهربائية لكلّ المشتركين المخدومين يقابل منحنى الحمل اليومي للنظام . يبين شكل (٨-٣) صورة تخطيطية لمنحنى حمل ذروة

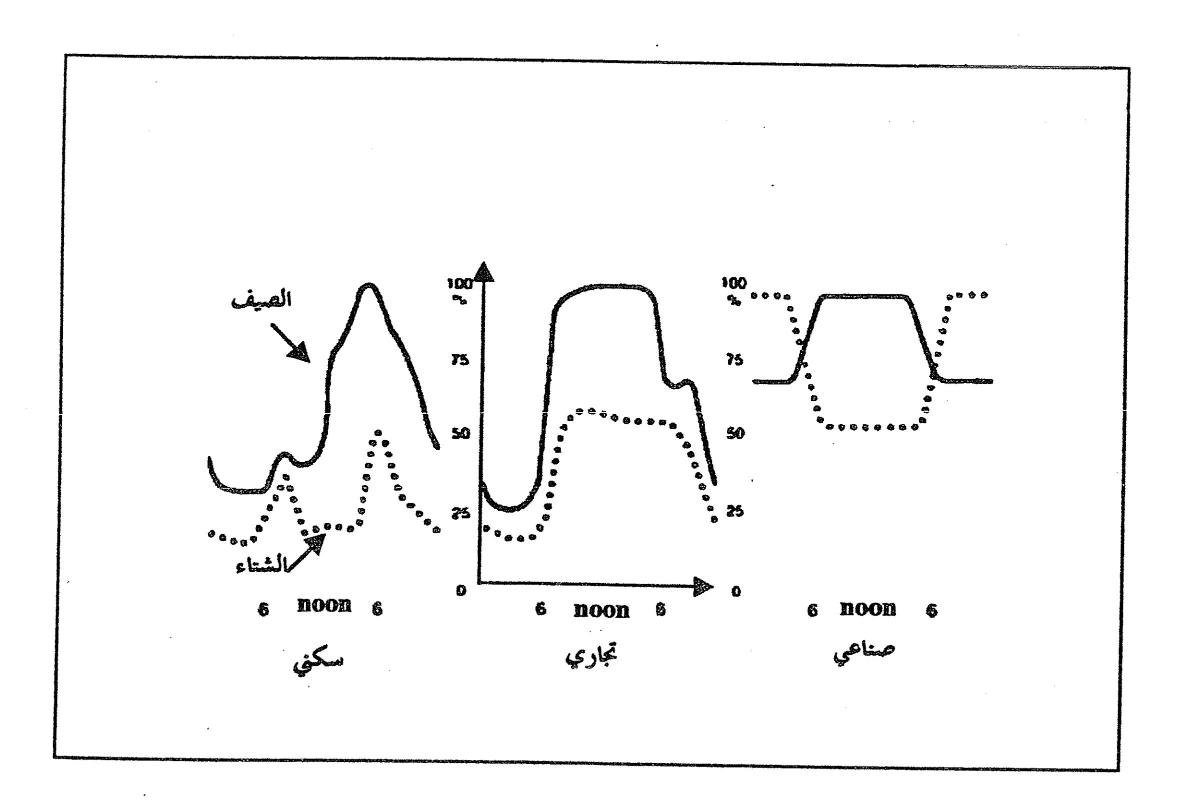
صيفي. ويتضح من المنحنى، أن الحمل الصيفي أكبر بكثير من الحمل الشتائي، بسبب الاستخدام الواسع للتكييف .
ومثل هذا المرفق سيكون عنده أحمال ذروة يومية منخفضة في الربيع وشهور الخريف.
مالم يخدم المرفق مكوّنا صناعيا يأخذ خدمة أثناء ساعات الليل خارج أوقات الذروة، لان الحمل سينقص أثناء المساء وتصل نقطته المنخفضة اليومية ربما السّاعة الثّالثة صباحا. وبعد الفجر تبدأ الحياة مرة ثانية، والحمل يزيد والنمط اليومي يتكرّر.

أختلاف أنماط الإستعمال من يوم لآخر

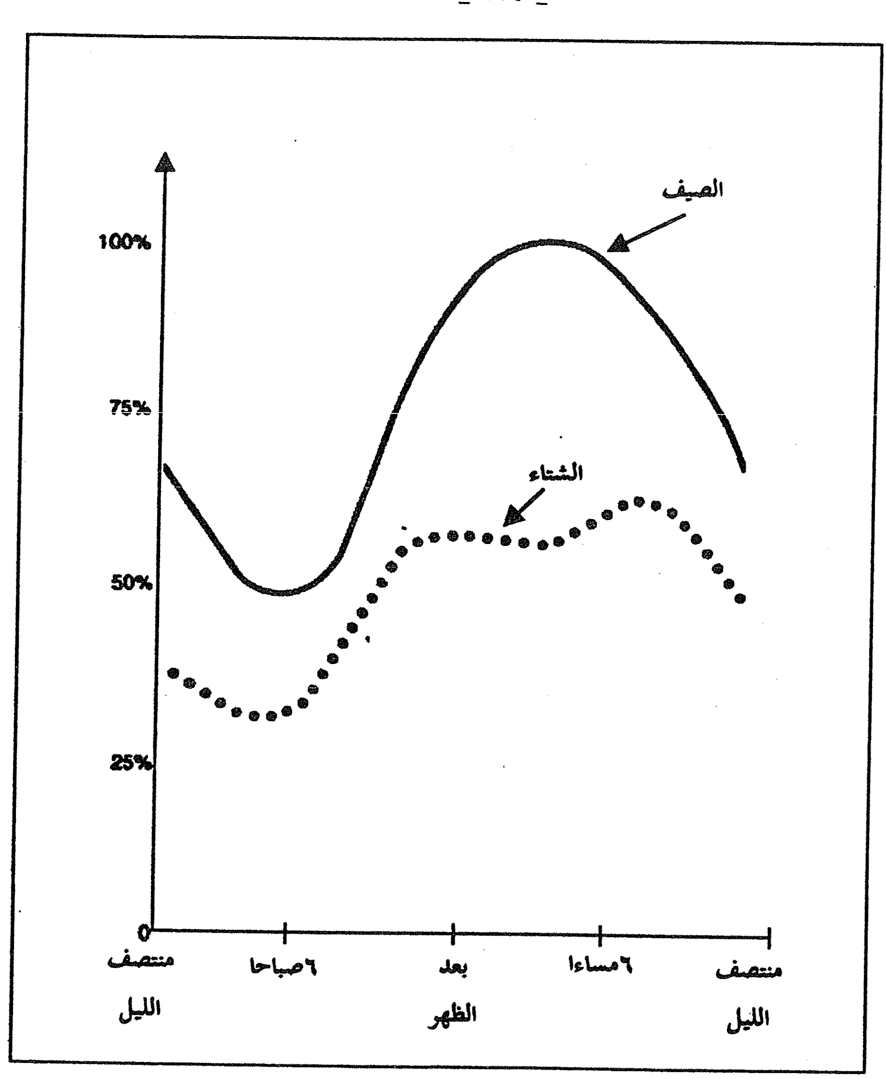
هناك إختلاف كبير من يوم لآخر إعتماداً على الإختلافات في الشروط المناخية والتأثيرات الخارجية الأخرى. تختلف أشكال حمل السّبت جوهريا في تلك التجرّبة عن أيام العمل. بينما تتعرض أيام الأحد والعطلات لأنماط الاستعمال الفردية الخاصة.
ويوضح شكل (٨-٤) مقارنة هذه الخصائص لأحمال أيام : السّبت، الأحد، وأحمال العطلات وذلك خلال فصلى الصيف والشتاء.
عاده يحتوى مرفق الكهرباء على جدول لاستعمال وحدات التوليد لكي تقابل تغيرات الحمل اليومية المختلفة، والذى يجب أن يخطط بموجب النمط المحتمل للإستعمال. في نفس الوقت، يجب أن يكون مرن بما فيه الكفاية للإعتناء بالتغييرات الغير متوقعة، أمّا بالزيادة أو بالنقص.

الصيانة

تعتبر صيانة الأجهزة من أهم العوامل اللازمة لتخطيط التوليد والذى يحتوى على المولدات ، التوربينات ، وغلايات البخار وعاده تبعدهم الصيانة عن الخدمة لعدة شهور بالاضافة إلى الصيانة المحددة نتيجة للمشاكل الغير متوقعة التى قد تظهر فى حالة فشل الأجهزة أو المعدات. عند جدولة توليد الوحدات وتصليح الاجهزة فأن منحنى الحمل المتوقع يكون من الأهمية الأساسية حيث أنه يجب أن يقابل أحمال المشتركين فى جميع الاوقات .

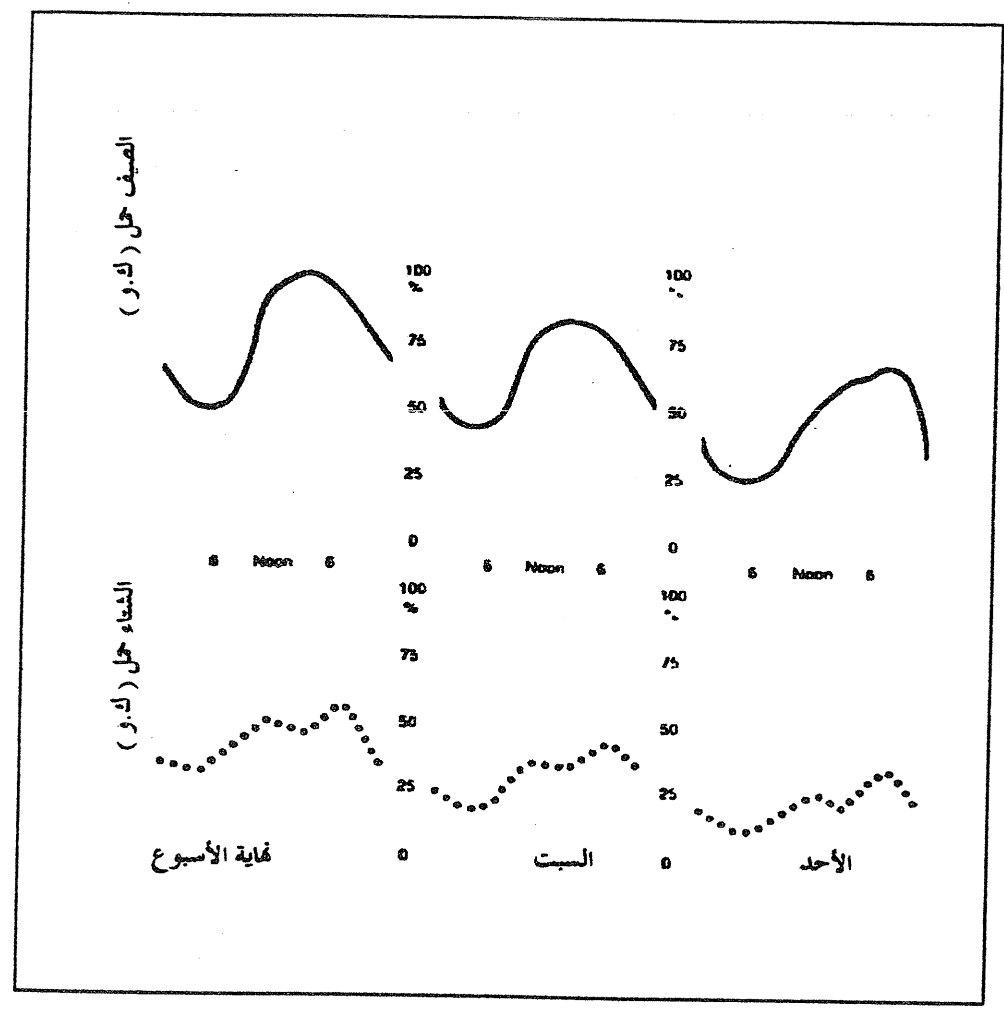


شكل (٨-٢) خصائص الحمل للنوع



شكل (٨-٣) منحنيات حمل النظام

(حمل ذروة صيفي للمرفق)



شكل (٨-٤) أنماط الحمل اليومي

قياس استهلاك المشترك — الكيلو وات ساعة و الكيلووات

يتطور سعر منتج الكهرباء لأكثر المشتركين من خلال عاملين :— كيلو وات الساعة والكيلو وات.و تلك المصطلحات من الأهمية الحيوية في فهم عملية تصميم معدل الأسعار. ويعرف الكيلو وات ساعة (ك.و.س) بأنه وحدة الطاقة الكهربائية، أما الكيلو وات (ك.و.) فهو وحدة القدرة أو السعة الكهربائية. تورد الطاقة إلى المشترك لإداء مهمّة مفيدة. وفي أكثر الحالات، تكون المهمّة العظمى، هى كمية الطاقة الكبرى التي يجب أن تجهّز. وبالرغم من ذلك، فأن إقتصاد توريد الطاقة يؤثر مباشرة على فترة الطلب والإسلوب الذي يجب أن يجهّز فيه الكيلو وات حيث لا يحدّد الحجم الكهربائي فقط من المولدات، محولات، أو أجهزة أخرى؛ ولكن أيضا يقيم حمل المشترك الذى يطلب من المرفق تجهيزه، فالكهرباء يجب أن تولد حسب الحاجة و حمل الكيلو وات الواحد للمشترك يستلزم كيلو وات واحد من السعة الكهربائية من نظام المرفق. فإذا كان مشترك يستهلك حمل كيلو وات واحد ويشغله لفترة ساعة واحدة، فإستهلاكه للطاقة سيكون كيلو وات ساعة واحد. وبالتالى فإن عشرة ساعات تشغيل تستلزم طاقة مقدراها عشر كيلو وات ساعة. أى أن حمل عشر كيلو وات يجب أن يشغل فقط لساعة واحدة لإستهلاك نفس عدد ساعات الكيلو وات، (يعني ١٠ ك.و.س) ، وهذه هى العلاقة الداخلية، بين الطاقة بالكيلو وات ساعة وسعة الكيلو وات المطلوب توريدها و تلك من الأهمية الحيوية عند وضع الفاتورة على منتج المرفق.

يجب مراعاة أنه لايمكن أن تظل الكهرباء مدخرة، كما يجب أن تجهز السعة لتلبية حاجات المشترك القصوى (ك.وات) وهذا التزام من المرفق للمشترك الذى يستعمل حاجته الفردية بأى أسلوب وتعتمد درجة الاستعمال على نمط المشترك وليس سيطرة المرفق.

يعتمد السعر المتوسط لكلّ كيلو وات ساعة الذى يدفعه المشترك على كمية الطاقة المستهلكة (ك.و.س)، وأيضا لها علاقة بسعة المرفق (ك.و.) التي يجب أن توفر لتوريدها.

علاقة عامل الحمل

إنّ نسبة عدد الكيلو وات ساعة المستهلكة لكلّ كيلو وات من حمل المشترك خاصية مهمة جدا. ويعرف عامل الحمل (*Load Factor*) ببساطة أنه مقياس لمتوسط الإستعمال للخدمة فيما يتعلق بالإستعمال الأقصى خلال الفترة الزمنية.

وللتبسيط فإن أكثر حسابات النسبة مستندة على متوسط شهر مكون من ٧٣٠ ساعة، أو واحد على أثنتى عشر من ساعات السنة (٨٧٦٠ ساعة) خلال ٣٦٥ يوم. فإذا كان المشترك يتطلب كيلو وات واحد لشهر كامل، فيمكن أن يقال أنة يعمل ٧٣٠ ساعة من طلبه للسعة من المرفق. أى أنه يعمّل بمعدل ١٠٠% عامل حمل لأن تحمّيله كان بشكل موحّد أثناء كلّ ساعات الفترة. وإذا إستهلك ٣٦٥ كيلو وات ساعة أثناء الشهر، فهو يعمّل بمعدل ٥٠% عامل حمل.

٣- مصادر البيانات

سعر وتكلفة الكهرباء

قد تدخل العديد من العوامل في تسعير أي منتج يباع في السوق ويمثل أهمية فى إنتاج التكلفة ويسلم ذلك المنتج إلى المشتري. إلافي حالة الكهرباء فإن مشكلة التسعير معقدة أكثر لأن المشتركين يجب أن يشتركوا معا في المسؤولية الإقتصادية للأجهزة الكهربائية التي تجهز الخدمة إلى أكثر من مشترك واحد في نفس المصدر وفي نفس الوقت. هذه الخاصية الفريدة لصناعة مرفق الكهرباء تعطى رأى ذو خبرة بمعدل الأسعار إلى علم منهج حساب التكاليف الملائم.كما يعتبر حساب العديد من التكلفة عنصر مكمل فى عمليات تصميم معدل الأسعار. وتسجل التكلفة فى سجلات الشركة تحت أسم"حساب التكلفة " (*Accounting Cost*) أو" التكلفة الضمنية" (*Embedded Cost*) . وتعرف "التكلفة الحدية (*Marginal Cost*) ، في النظرية الإقتصادية كتكلفة إنتاج وحدة إضافية واحدة من الناتج الذى يتجاوز سجل المحاسبة الأساسي ويعكس التكلفة التي سوف تتحمل لإتخاذ إجراء إضافي ويطلق على. التكلفة الحدية أحيانا "تكلفة تزايدية" أو "تكلفة إضافية."

استعملت طرق التكلفة الضمنية لحسابات معدل الأسعار منذ حوالى خمسة عشر سنة مضت. على أية حال، وفى مناخ إقتصادي متغير، بدأت طرق التكلفة الحدية ن تكون متقدمة في عمليات حساب معدل الأسعار ولقد كان هناك الكثير من النقاش و الخلاف حول التناسب النسبي بين الطريقتين. وستعتمد العينة الواحدة المستعملة في أي حالة معطاة على مرفق الكهرباء المعين واللجنة التنظيمية له. وتستعمل التكلفة الضمنية اليوم لحساب معدل العائد تقريبا عالميا. وقد تم تعديل التكاليف الحدية، لتوافق مستويات الدخل مبنية على أساس التكلفة الضمنية،و تستعمل للإشارة إلى الإتجاهات التى تعدل فيه النسب و ذلك لمصلحة الفعالية الإقتصادية.

يقال أن المعدل (*Rate*) يجب أن يكون مستندا على التكلفة. ولكن المعدل لا يتعقب التكلفة بالضبط. عند تصميم معدل الأسعار يجب السماح للعديد من المتغيرات والاعتراف بالاختلاف فى طرق تخصيص التكلفة الإقتصادية للوسائل المستعملة معا. ويكمن مصدر الأول للبيانات لتطور التكلفة في سجلات محاسبة المرفق وفي العديد من تحليلاته المالية وتقاريره.

الأنظمة المحاسبية الموحدة

تعمل المرافق في الولايات المتحدة تحت أنظمة محاسبية موحدة أصدرت بلجنة الطاقة الإتحادية التنظيمية (*Federal Energy Regulatory Commission*) ويتم مراجعتها من وقت لآخر وفرض الضروريات لتلبية الشروط المتغيرة. إستعمال نفس تعيينات الحساب بكل المرافق الرئيسية مكنت محللي الصناعة من عمل المقارنات ذات المغزى؛ وجعلت الاجراءات اكثر كفاءة وتنظيما كما زودت من يقوم بتصميم معدل الأسعار بمصدر متوفر

من سجلات المحاسبة الإبتدائية للبيانات الأولية التي منها تتطور تكلفة الخدمة. ويتم توظيف العديد من التحليلات الإضافية لأغراض تصميم معدل الأسعار.
تضمن "الأنظمة المحاسبية الموحّدة، "أهم الاقسام في تصميم معدل الأسعار" حسابات التكاليف الكهربائية" و" حساب نفقات التشغيل "وهذا يعكس إستثمار المرفق في الأجهزة وفى النفقة اللازمة لتشغيل وصيانة هذه الأجهزة. (الجدولين رقم (٨-١) أ & (٨-١) ب).
وتدرج حسابات التكاليف الكهربائية وتكاليف الاستثمار تحت خمس انواع عامّة كالتّالي:

- تكاليف غير ملموسة
- تكاليف الإنتاج
- تكاليف النقل
- تكاليف التوزيع
- تكاليف عامة

ومن أمثلة ذلك ، تكلفة العدادات واجهزتها المساعدة ، التركيب على مباني المشتركين الذى قد يتراوح من عداد كيلو وات ساعة وحيد في تركيب منزلى إلى تركيب صناعي معقد جدا والذى يتضمّن عدد من اجهزة تسجيل الكيلو وات ساعة ، عدادات الطلب التي تقيس الكيلو وات حمل المشتركين، آلات الإشارة إلى معامل القدرة، وتشكيلة عريضة من اجهزة المحولات ، وأدوات خاصّة أخرى.
يستلزم قياس تكلفة المستهلك تحليل إضافي لتخصيص تكلفة العدادات المعيّنة إلى مجموعة المشترك الذي يستخدم ذلك النوع المعيّن للأجهزة. وتصور أهمية هذا التحليل بعداد تكلفة حقيقى لكلّ مشترك قد يتفاوت من ٢٥دولار إلى العديد من الآف الدولارات للتجهيزات الأكبر حيث أن الخدمة بجهد عالى ٦٩٠٠٠ فولت أو أكثر.

التشغيل والصيانة

تسجيل التشغيل ونفقات الصيانة في سلسلة الحسابات التي تتلي الأصناف الوظيفية مباشرة هو الاساس لحسابات التكاليف الكهربائية (جدول رقم (٨-١) ب). كما أن حساب النفقات مؤسّس لـ"إنتاج، "" ونقل، "و" توزيع " الطاقة الكهربائية. وقد تم اتخاذ اجراءات اضافية ـ"لحساب نفقات المشترك"
على سبيل المثال، عند مراجعة حسابات التكاليف الكهربائية ستبين بأنّ الحساب ٣١٤ أسّس لـ" وحدات مولد نقاث". وإنّ التكلفة المركّبة لمثل هذه الأجهزة مسجّلة في هذا الحساب. كما أنّ البنود المطابقة للنفقات مغطّية بحسابات ٥٠٥ و٥١٣, "نفقات كهربائية "و" تكاليف الصيانة الكهربائية" على التوالي.
وقد تم قراءة المفردات لحساب ٥٠٥ كالتّالي:
هذا الحساب سيتضمّن تكلفة العمل، مواد إستعملت ونفقات لتشغيل المحركات الأساسية، المولّدات واجهزتها المساعدة، ترس مفتاح وأجهزة كهربائية أخرى خاصة بالنقاط حيث تتجه الكهرباء لتحويلها للنقل أو التوزيع.

المفردات التالية تغطى حسابا ٥١٣ لـ"صيانة التكاليف الكهربائية": هذا الحساب سيتضمن تكلفة العمل، مواد إستعملت ونفقات تحمّلت في صيانة الأجهزة الكهربائية، و تكلفة مشتملة في الحساب ٣١٤, "وحدات مولّد نقاثة." كما مصوّر بهذا المثال فإن الحسابات الأولية تمدنا بالفروق الأساسية بين تكلفة الأجهزة، ونفقات التشغيل، ونفقة إبقاء للأجهزة. فمثلا بينما نجد. حساب التكلفة الكهربائية ٣١٤ يتعلّق بجهاز إخراج بخارى وحيد، بينما حساب ٥١٣ (للصيانة) قد يتضمّن النفقات المرتبطة بأنواع أخرى من الأجهزة. وفي مثل هذه الحالات، تلجأ المرافق إلى أن تؤسّس ملحق أو حسابات أخرى بإضافة فاصلة عشرية وعدد إضافي إلى تعيين الحساب لأغراض التعريف.

جدول رقم (٨-١) أ

حساب التكاليف الكهربائية (مخطط الحسابات)

١. تكاليف غير ملموسة	٣٥٥ أقطاب وأثاث.
٣٠١. منظمة.	٣٥٦موصلات هوائية وأجهزة
٣٠٢. وكالة وقبول.	٣٥٧ قناة أرضية.
٣٠٣. تكاليف غير ملموسة (متنوعات)	٣٥٨ موصلات أرضية وأجهزة
٢. تكاليف إنتاج	٣٥٩ طرق وأثار.
أ. إنتاج بخار	٤. تكاليف توزيع
٣١٠ أرض وحقوق الأرض.	٣٦٠ أرض وحقوق الأرض.
٣١١ تركيبات وتحسينات	٣٦١. تركيب وتحسينات.
٣١٢ تكاليف أجهزة غلايات.	٣٦٢ أجهزة محطة.
٣١٣محرّكات ومولدات	٣٦٣ أجهزة بطارية تخزين.
٣١٤ وحدات مولدات نفاثة. (مدار بالتربينة)	٣٦٤ أقطاب وأبراج وأثاث
٣١٥أجهزة كهربائية مساعدة.	٣٦٥ موصلات هوائية وأجهزة
٣١٦. محطة كهرباء متنوعة	٣٦٦قناة أرضية
(ب) . إنتاج نووي	٣٦٧موصلات أرضية وأجهزة
٣٢٠ أرض وحقوق الأرض	٣٦٨محوّلات خطوط
٣٢١ تركيب وتحسينات	٣٦٩خدمات.
٣٢٢ أجهزة محطة مفاعل.	٣٧٠عدادات
٣٢٣وحدات مولدات نفاثة	٣٧١تجهيز للمشتركين
٣٢٤أجهزة كهربائية مساعدة.	٣٧٢ ملكية مؤجّرة على المشترك
٣٢٥محطة كهرباء متنوعة	٣٧٣ إضاءة الشوارع والإشارات
(ج) الإنتاج الهيدروليكي	٥. تكاليف عامة

٣٣٠أرض وحقوق الأرض.	٣٨٩ أرض وحقوق الأرض.
٣٣١ تركيب وتحسينات.	٣٩٠ تركيب وتحسينات.
٣٣٢ خزان ماء وسدود وممرات مائية.	٣٩١ أثاث مكتبي وأجهزة
٣٣٣ إطارات مائية. التوربينات ومولدات	٣٩٢ أجهزة نقل.
٣٣٤ أجهزة كهربائية مساعدة.	٣٩٣ أجهزة تخزين
٣٣٥أجهزة نظام محطة كهرباء متنوعة.	٣٩٤ أدوات ودكان وأجهزة جراج
٣٣٦ طرق وسكك حديد وجسور	٣٩٥أجهزة معمل.
(د) إنتاج آخر	٣٩٦ أجهزة تشغيل قوى
٣٤٠ أرض وحقوق الأرض.	٣٩٧أجهزة إتصال.
٣٤١ تركيب وتحسينات.	٣٩٨أجهزة متنوعة
٣٤٢ حامل وقود، منتجون وملحقات	٣٩٩شئ آخر ملموس
٣٤٣ محرك أساسي.	
٣٤٤ مولدات	
٣٤٥أجهزة كهربائية مساعدة.	
٣٤٦ محطة كهرباء متنوعة	
٣. تكاليف نقل	
٣٥٠ أرض وحقوق الأرض	
٣٥١ مخزون	
٣٥٢ تركيب وتحسينات.	
٣٥٣ أجهزة محطة.	
٣٥٤ برج وأثاث.	

جدول (٨-١) ب

حساب نفقات التشغيل و الصيانة

١. نفقات إنتاج الكهرباء	ج) طاقة هيدروليكية
أ. عملية توليد طاقة بخارية	**تشغيل**
التشغيل	٥٣٥ إشراف عملي و هندسي.
٥٠٠ إشراف عملي وهندسي	٥٣٦ ماء للقوة
٥٠١ وقود.	٥٣٧ نفقات هيدروليكية.
٥٠٢ نفقات بخار.	٥٣٨ نفقات كهربائية.
٥٠٣ بخار من المصادر الأخرى.	٥٣٩ نفقات توليد قوى هيدروليكية

	متنوعة
٥٠٤ تحويل البخار	٥٤٠ إيجارات
٥٠٥ نفقات كهربائية.	**صيانه**
٥٠٦ نفقات قوى بخارية متنوعة	٥٤١ إشراف صيانة وهندسة.
٥٠٧ إيجارات	٥٤٢ صيانة التراكيب.
صيانة	٥٤٣ صيانة خزانات الماء، السدود وممرات مائية
٥١٠ إشراف صيانة وهندسي	٥٤٤ صيانة المحطة الكهربائية.
٥١١ صيانة التراكيب.	٥٤٥ صيانة القوى الهيدروليكية متنوعة
٥١٢ صيانة الغلاية	د . عملية توليد طاقة آخرى
٥١٣ صيانة المحطة الكهربائية.	**تشغيل**
٥١٤ صيانة المحطة البخارية المتنوعة	٥٤٦ إشراف عملي وهندسي
ب . عملية توليد طاقة نووية	٥٤٧ وقود
تشغيل	٥٤٨ نفقات توليد.
٥١٧ إشراف عملي وهندسي	٥٤٩ نفقات توليد طاقة أخرى متنوعة
٥١٨ نفقات وقود نووي	٥٥٠ إيجارات.
٥١٩ مبردات ونفقات مياه	**صيانة**
٥٢٠ نفقات بخار	٥٥١ إشراف صيانة وهندسة
٥٢١ بخار من المصادر الأخرى	٥٥٢ من صيانة التراكيب النفقات.
٥٢٢ تحويل البخار.	٥٥٣ صيانة توليد وتكاليف كهربائية
٥٢٣ نفقات كهربائية	٥٥٤ صيانة متنوعة لمحطة توليد أخرى
٥٢٤ نفقات طاقة نووية متنوعة	ذ. نفقات تجهيز كهربائية أخرى
٥٢٥ إيجارات	٥٥٥ طاقة مشتراة.
صيانة	٥٥٦ سيطرة نظام وتحكم
٥٢٨ إشراف صيانة وهندسة	٥٥٧ نفقة أخرى متنوعة.
٥٢٩ صيانة التراكيب.	٥٩٤ صيانة خطوط أرضية.
٥٣٠ صيانة أجهزة مفاعل	٥٩٥ صيانة خطوط المحولات
٥٣١ صيانة المحطات الكهربائية	٥٩٦ صيانة إضاءة الشوارع الأنظمة المنفردة.
٥٣٢ صيانة متنوعة للمحطات النووية	٥٩٧ صيانة العدادات.
٢. نفقات نقل	٥٩٨ صيانة متنوعة لمحطات التوزيع
تشغيل	**٤. عملية حساب نفقات المشترك**

٥٦٠ إشراف عملي وهندسي	تشغيل
٥٦١ تحكم الحمل.	٩٠١ إشراف
٥٦٢ نفقات المحطة	٩٠٢ نفقات قرأة العداد
٥٦٣ نفقات الخط الهوائي	. ٩٠٣ تجميع النفقات وتسجيل المشترك
٥٦٤ نفقات الخط الأرضي	٩٠٤ حساب غير قابل للجمع
٥٦٥ إرسال الكهرباء من قبل الآخرون	. ٩٠٥ نفقات حساب المشترك المتنوعة
٥٦٦ نفقات نقل متنوعة	٥. عمليات نفقات المبيعات
٥٦٧ إيجارات	تشغيل
صيانة	٩١١ إشراف
٥٦٨ إشراف صيانة وهندسي	٩١٢ توضيح نفقات البيع
٥٦٩ صيانة التراكيب	٩١٣ نفقة إعلان.
٥٧٠ نفقات صيانة أجهزة المحطة	٩١٦ نفقات البيع المتنوعة
٥٧١ صيانة الخطوط الهوائية	٦. نفقات عامة و إدارية.
٥٧٢ صيانة الخطوط الأرضية	تشغيل
٥٧٣ صيانة النقل المتنوعة	٩٢٠ رواتب إدارية وعامة
٣. عملية نفقات التوزيع	٩٢١ نفقات تجهيز المكاتب
تشغيل	٩٢٢ نفقات إدارية
٥٨٠ إشراف عملي وهندسي	٩٢٣ توظيف الخدمات الخارجية
٥٨١ تحكم الحمل.	٩٢٤ نفقات تأمين ملكية.
٥٨٢ نفقات المحطة	٩٢٥ إصابة وأضرار.
٥٨٣ نفقة الخط الهوائي	٩٢٦ راتب تقاعدي مستخدم ومنافع.
٥٨٤ نفقة خط أرضي	٩٢٧ متطلبات وكالة.
٥٨٥ نفقات الأشارات العامة و الأدارة	٩٢٨ نفقات لجنة تنظيمية
٥٨٦ نفقات العداد.	٩٢٩ طاقة مضاعف
٥٨٧ نفقات تجهيز المشترك	٩٣٠ نفقات عامة متنوعة
٥٨٨ نفقات توزيع متنوعة	٩٣١ إيجارات
٥٨٩ إيجارات.	٩٣٢ صيانة الخطة العامة.
صيانة	
٥٩٠ إشراف صيانة	
٥٩١ صيانة التراكيب	
٥٩٢ صيانة أجهزة المحطة،	
٥٩٣ صيانة الخطوط الهوائية	

جدول رقم (٨-١) ج

بيانات تكلفة الخدمة

قاعدة معدل الأسعار	
الخطة الكهربائية في الخدمة	١,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠ دولار
بناء مستمرّ	١٠٠,٠٠٠,٠٠٠
حملت الخطة الكهربائية لإستعمال مستقبلي	١٠,٠٠٠,٠٠٠
المواد وتجهّزها	٣٠,٠٠٠,٠٠٠
رأس مال عامل نقد	٢٠,٠٠٠,٠٠٠
البنود المتراكمة للتلف	٢٠٠,٠٠٠,٠٠٠-
مقدم المشترك	١٠,٠٠٠,٠٠٠-
نسبة قاعدة معدل الأسعار الكليّة	٩٥٠,٠٠٠,٠٠٠ دولار
تشغيل العائدات	
بيع الكهرباء	٢٥٤,٠٠٠,٠٠٠ دولار
عائدات التشغيل الأخرى	١,٠٠٠,٠٠٠
عائدات التشغيل الكليّة	٢٥٥,٠٠٠,٠٠٠
تشغيل النفقات	
نفقات الصيانة والتشغيل	١٠٠,٠٠٠,٠٠٠ دولار
نفقة التلف	٢٥,٠٠٠,٠٠٠
ضرائب	٤٥,٠٠٠,٠٠٠
نفقات التشغيل الكليّة	١٧٠,٠٠٠,٠٠٠ دولار
عملية إعادة الدخل	
نفقة أقل عائد	٨٥,٠٠٠,٠٠٠ دولار
	%٩
معدل العائد (على القاعدة الأساسية)	
	%٩ = %١٠٠* ٩٥٠,٠٠٠,٠٠٠/٨٥,٠٠٠,٠٠٠

تكلفة مفاهيم الخدمة

تكلفة الخدمة هى نقطة البداية في تصميم معدل الأسعار ويوضح الجدول (٨-١) ج مثال مبسط لمرفق إفتراضي بإستثمار بليون دولار في الخطة الكهربائية . وهذا الجدول يقدّم بيان إستثمار معدل الأسعار الأساسي من عائدات التشغيل ونفقات تشغيل المرفق. ويكون الإختلاف بينهم، بالطبع، هو العائد. هذا بالأضافة إلى كمية الدولار المحصول عليه

بالطرح و معدل العائد المكتسب بالربط بين دولارات العائد ودولارات قاعدة معدل الأسعار كنسبة مئوية.

عائد الربح *(Return Earned)*

مثل هذه الوثيقة قد تعد من محاسبة السجلات بدون أي تعديلات، وتكون النتيجة النهائية "عائد الربح"ضمن الفترة الزمنية.
لاغراض تصميم معدل الاسعار فإنه يتم إجراء بعض التعديلات لرفع العائد إلى مستوى مسموح به بقرار اللجنة ، وفى المناخ الاقتصادى الحالى يبدأ المرفق بكسب ربح مسموح له من خلال المنظمات بدلا من أن يواجه بمستوى هابط من الربح .
وتحت هذه الشروط، فإن الزيادة في المعدلات تنتج نسب تعويض جزئية لأن الوقت المطلوب للاجراءات التنظيمية يعمل على خفض أكثر في الأرباح قبل أن تكون الجداول الجديدة نافذة المفعول (وبمعنى آخر : -. "تأخر تنظيمي").

متطلبات الدخل

لبدء تغيير معدل الأسعار، فإن تكلفة بيان الخدمة يعكس مستوى الربح المؤسس بواسطة السلطة التنظيمية والمستندة على معدل العائد ، وبذلك ستزداد العائدات وستعدل الضرائب الاخرى حسب الضرورة للتوافق المسموح لمستوى الربح.

٤ - تخصيص التكاليف (*Allocation of Costs*)

تنتقل عملية تصميم معدل الأسعار إلى تخصيص التكاليف ، وإلى تصنيفات النسب المختلفة وهذا يتم بأجراء خطوتين أولا البدء بالاستثمار فى أجهزة المحطة الكهربائية حيث تقوم عملية التخصيص بتحاليل وضم التكلفة الاستثمارية كما هى مسجلة بسجلات الشركة . وثانيا تحوّل هذه المعلومات المسجّلة من جدولة بحسابات التكلفة إلى جدولة وظيفة انواع التكلفة و يمثّل هذا استنادا على الإستعمال التقني للأجهزة.

يوضح جدول رقم (٨-٢) جدولة الحسابات الإفتراضية للمرفق كما يبين جدول رقم (٨-٣) تلك التكلفة بالوظائف. والمثال التالى يوضح جدولة الحساب :- الإستثمار في محطة الإنتاج ٤٢٥,٠٠٠,٠٠٠دولار، ومجموع القوى الكهربائية في الجدولة الوظيفية ٥٠٠,٠٠٠,٠٠٠دولار، أو ٧٥,٠٠٠,٠٠٠دولار أعلى. وهذا الإختلاف نتيجة التحليل الوظيفي ، و بالأضافة إلى تكلفة أجهزة التوليد نفسها فإن نوع القوى الكهربائية تتضمّن أيضا تكلفة خطوط النقل الرئيسية والوسائل الأخرى المرتبطة سويا بمحطات الكهرباء المختلفة للنظام.

تكون خطوط النقل بين هذه المحطات متضمنة نوع المصدر الكهربائى ، و تلك الخطوط ضرورية جدا للعملية الكهربائية الصحيحة لنظام التوليد في إسلوب مندمج يعتبر كجزء من المصدر الكهربائي. ويجب أن يصدر تعريف هذه الوسائل كمسألة هندسة تخطيط النظام وتشغيل الموظفين أما من وجهة نظر حساب التكاليف فإن من الضروري جعل مثل هذا الفرق لأن المصدر الكهربائي والوسائل الأخرى سيخضعان إلى المعالجة أكثر من إجراء التخصيص.

جدول رقم (٨-٢)

المحطات الكهربائية الموجودة في الخدمة ومسجّلة بالحسابات

١-تكاليف غير ملموسة

٣٠١ منظمة	
٣٠٢ وكالة	
أجمالى تكاليف غير ملموسة	- دولار

٢-تكاليف إنتاج

تكاليف إنتاج بخار	
تكاليف إنتاج آخرى	
تكاليف الإنتاج الكليّة	٤٢٥,٠٠٠,٠٠٠ دولار

٣-تكاليف نقل

٣٥٠ أرض وحقوق أرض دولار دولار	١٠,٠٠٠.٠٠٠
٣٥٢ تركيب وتحسينات	٥,٠٠٠.٠٠٠
٣٥٣ أجهزة محطة	٧٥,٠٠٠.٠٠٠
ا٣٥٤ براج وأثاث	١٣,٠٠٠.٠٠٠
٣٥٥أقطاب وأثاث	٢,٠٠٠.٠٠٠
٣٥٦ موصلات هوائية وأجهزة	١٠,٠٠٠.٠٠٠
٣٥٧ قناة أرضية	٢٠,٠٠٠.٠٠٠
٣٥٨ موصلات أرضية وأجهزة	٢٥,٠٠٠.٠٠٠
تكاليف النقل الكليّة	١٦٠,٠٠٠.٠٠٠ دولار

تكاليف توزيع

٣٦٠ أرض وحقوق أرض	١٠,٠٠٠.٠٠٠
٣٦١ تركيب وتحسينات	١٥,٠٠٠.٠٠٠
٣٦٢ أجهزة محطة	٤٠,٠٠٠.٠٠٠
٣٦٤أ براج وأقطاب وأثاث	٢٠,٠٠٠.٠٠٠
٣٦٥ موصلات هوائية وأجهزة	٢٥,٠٠٠.٠٠٠
٣٦٦ قناة أرضية	٦٥,٠٠٠.٠٠٠
٣٦٧ موصلات أرضية وأجهزة	٦٠,٠٠٠.٠٠٠
٣٦٨ خطّ محولات	٧٥,٠٠٠.٠٠٠
٣٦٩,١ خدمات هوائية	١٥,٠٠٠.٠٠٠
٣٦٩,١ خدمات أرضية	٢٥,٠٠٠.٠٠٠
٣٧٠ عدادات	٢٠,٠٠٠.٠٠٠
تكاليف التوزيع الكليّة	٣٩٠,٠٠٠.٠٠٠ دولار

تكاليف عامة

أجمالى التكاليف العامة	٢٥,٠٠٠.٠٠٠ دولار
أجملى التكاليف في الخدمة	١,٠٠٠.٠٠٠.٠٠٠ دولار

جدول رقم (٨–٣)

المحطات الكهربائية الموجودة فى الخدمة تبعا للتصنيف الوظيفى

الامداد الكهربائي		
إنتاج	٤٢٥,٠٠٠.٠٠٠ دولار	
محطات محولات وخطوط	٧٥,٠٠٠.٠٠٠	
تكاليف ا لامداد الكهربائي الكليّة	٥٠٠,٠٠٠.٠٠٠ دولار	
نقل فرعى		
محطات محولات	٦٥,٠٠٠.٠٠٠ دولار	
خطوط	٦٥,٠٠٠.٠٠٠	
أجمالى تكاليف النقل الفرعى	١٣٠,٠٠٠.٠٠٠	دولار
التوزيع العام		
محطات محولات	٤٠,٠٠٠.٠٠٠ دولار	
الخطوط الإبتدائية:		
هوائية	٤٠,٠٠٠.٠٠٠ دولار	
أرضية	٨٥,٠٠٠.٠٠٠	
إجمالى الخطوط الإبتدائية الكلية	١٢٥,٠٠٠.٠٠٠ دولار	
الخطوط الثانوية:		
هوائية	٢٥,٠٠٠.٠٠٠ دولار	
أرضية	٢٥,٠٠٠.٠٠٠	
إجمالى الخطوط الثانوية الكلية	٥٠,٠٠٠.٠٠٠	دولار
محولات	٧٠,٠٠٠.٠٠٠ دولار	
الخدمات:		
هوائية	١٥,٠٠٠.٠٠٠ دولار	
أرضية	٢٥,٠٠٠.٠٠٠	
إجمالى تكاليف الخدمات الكلية	٤٠,٠٠٠.٠٠٠	دولار
العدادات	٢٠,٠٠٠.٠٠٠	دولار
إجمالى تكاليف التوزيع العامة	٣٤٥,٠٠٠.٠٠٠ دولار	
التكاليف العامة		
إجمالى التكاليف في الخدمة	١,٠٠٠.٠٠٠.٠٠٠ دولار	

في حاله التوزيع العامّ، فإن العديد من المجاميع الوظيفية توجد في سجلّ الحساب المطابق. ويصور ذلك بنوع العدادات، ويبين جدول رقم (٨-٣) الإستثمار في كلتا أشكال الجدولة. في حالات التوزيع الأخرى قد تختلف التكلفة على أساس الانواع أرضية أو هوائية وكذلك من قبل مستويات الجهود.

في العديد من أطوار عملية التخصيص تستند مهمة التكاليف على درجة المشاركة للطاقة، والسعة، أو وظائف متعلقة بمشترك النظام الكهربائي. وعلى سبيل المثال، نجد تكلفة الوقود هى طاقة تبدأ منذ عملية الإحتراق وأنتاج الحرارة التي تتحولّ إلى الكهرباء بأجهزة التوليد.

ومن ناحية أخرى ، يعتمد حجم أجهزة التوليد على متطلب حمل الذروة للمشترك، و طلبه الأقصى ومقاس بالكيلو وات. ويعكس الإستثمار في أجهزة التوليد السعة المطلوبة لمقابلة ذلك الحمل.

لاتتعلق العديد من عناصر التكلفة بالكيلو وات ساعة للطاقة المستعملة من قبل المستهلك أو إلى سعة الأجهزة ، لكن يمكن أن يتعلق بعدد المشتركين المخدومين. وهناك نقطة مهمة من تكلفة المشترك التي تتعلق بتكاليف الإستثمار في الخطة ووسائل التكلفة الدنيا والتى تحتاج لـ"إستعداد الخدمة" قبل أيّ كهرباء تورد في الحقيقة إلى المستعمل.

يوضح شكل (٨-٥) تكاليف التخصيص

أهمية مكوّنات التكلفة

يتم استعمال مفهوم الطلب والطاقة ومكوّنات تكلفة المشترك في كافة أنحاء عملية التخصيص، وبالتالى إجراء تصميم معدل الأسعار. قبل تخصيص التكلفة بين السلطات التنظيمية المختلفة وبين أصناف العمل أو أصناف النسب الآخرى، فإنه لابد من خطوة تحضيرية لتطوّير الطلب والطاقة والمكونات. التكلفة المتعلقة بالطاقة تخصّص بشكل كبير بمعدل الأسعار إلى عدد الكيلو وات ساعة من الطاقة التى إستهلكت بكلّ شريحة. ويتم تخصيص التكلفة على أساس عدد المشتركين المخدومين، بعد إمتلاكهم عمل مباشر من تلك التكلفة التي تشعر بنفس شعور أصناف معيّنة من العمل أو المجموعات الأخرى. ويكون تخصيص تكاليف السعة مشتقّ من حمل الكيلو وات للطلب. وقد تدخل الطاقة بالكيلو وات ساعة أيضا في إعتماد الإجراء على الطريقة المعيّنة المستعملة.

تكاليف الوسائل المستعملة معا

يمكن للعديد من الطرق المختلفة تخصيّص تكلفة وسائل المحطة، مثل أجهزة التوليد، ويستخدم ذلك بشكل آني من قبل العديد من المشتركين. ويكون الإختيار محدد في ثلاثة أو أربعة إجراءات التي تقوم بالتنظيم والقبول العامّ في عملية صنع معدل الأسعار.

وقد تطور هذا الإختيار في تخصيص تكاليف السعة لأن توليد الكهرباء يتم حسب الحاجة. وبينما يشترك العديد من المستهلكين في استعمال الوسائل الكهربائية، نجد أن هذا يتضمّن

مقدار أحمال المشتركين و فترة استعمالهم وتؤثر العلاقات بين أنماط المشتركين الفرديين للإستعمال على متطلبات النظام الكليّة.

ولم يوجد حل لهذه المشكلة المعقدة. ولذلك، إشتقت طرق لنتائج المنتج التي تعتبرة "معرض وفقط" وليس" مميز جدا" في تلك التعابير للإحساس التنظيمي.

وهناك ثلاثة طرق لعمل معدل الاسعار وهى كالتالى :-

١. طريقة مسؤولية حمل الذروة . *Peak responsibility method*

٢. طريقة صنف غير متوافق لحمل الذروة . *Non – coincident class peak method*

٣. طريقة متوسط الطلب الفائض . *Average – excess demand method*

تطبيق وحدة التكلفة

يتعلق كل من الطلب ، الطاقة ، تكاليف الوحدة الانتاجية بعملية التخصص وبناءا عليه لابد من وضعهم فى الاعتبار عند تصميم السعر .

وللتوضيح ، فانه عند تطبيق هذه القاعدة في كافة أنحاء النظام ، وبفرض قيمة وحيدة لكلّ مكوّن ، نجد أن إجراء تخصيص التكلفة قد تطوّر وتطبق مكونات الطلب والطاقة والتكاليف. في كلّ مستوى وظيفي من التحليل. والنتيجة النهائية تنتج تعدّد القيم لكلّ صنف مكوّن.

علاقة مكونات التكلفة

المثال التالى لتصوير العلاقة الأساسية بين مكونات الطلب والطاقة والتكلفة. وسعر كلّ كيلو وات ساعة،

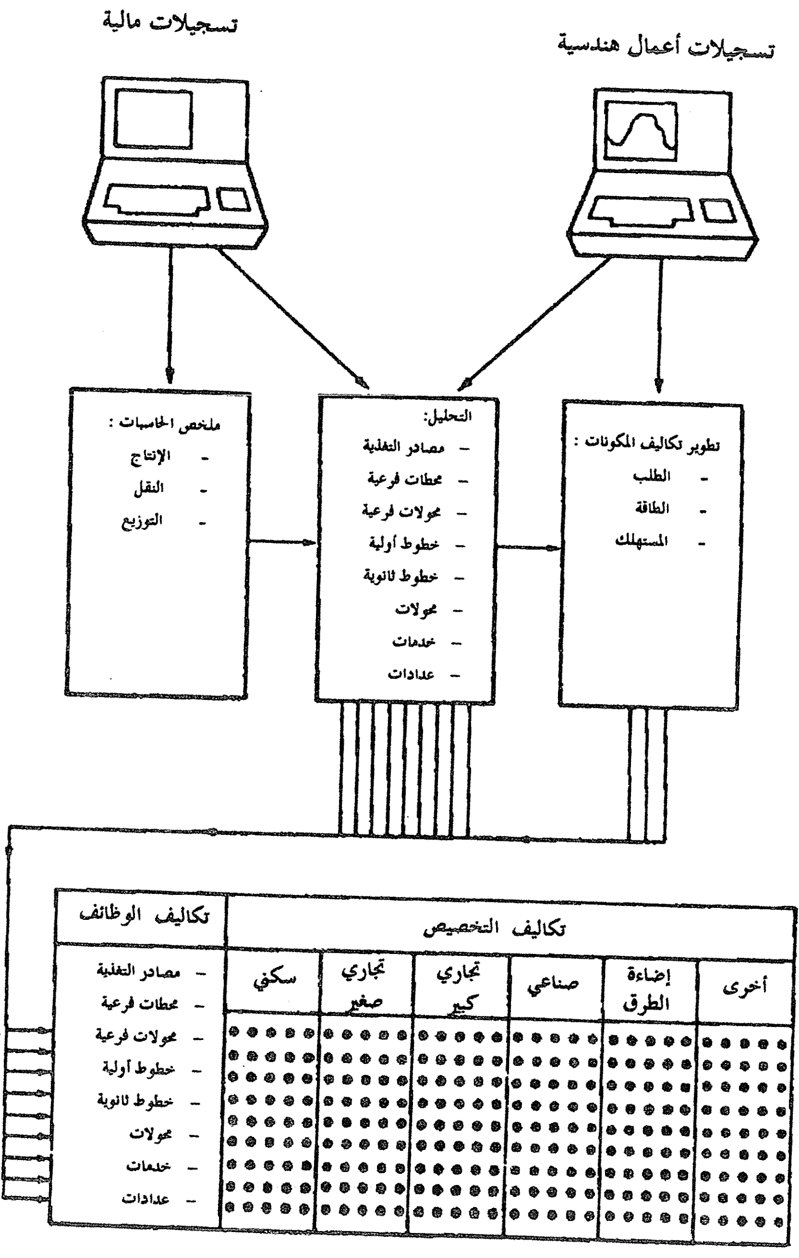
إفترض بأنّ التكاليف المعطاه بأسفل ملائمة للخدمة المنزلية:

تكلفة الطلب: ٨,٠٠ دولار لكيلو وات بالشّهر للطلب

تكلفة الطاقة: ٤,٠ سنت لكيلو وات بالساعة

تكلفة المشترك ٤,٠٠دولار لكلّ مشترك بالشّهر

إستعمال مشترك منزلى مثالي ٨٠٠ كيلو وات ساعة بالشّهر لربّما يكون له طلب ٦ كيلو وات مقاسه من خلال العداد. هذا يعني عامل حمل ١٨%. (عامل الحمل مساوي إلى الإستعمال الحقيقي فيما يتعلق بالإستعمال الأقصى الممكن) و لأن هذا المشترك المثالي والمشتركين المنزليين الآخرين يختلفان فيما يتعلق بوقت الإستعمال، فإن طلبه الأقصى المنوّع أو المتوافق على النظام قد يكون فقط ٣ كيلو وات و يبلغ الذروة. هذا يعني عامل حمل ٣٦% مستند على الطلب المتوافق لكلّ مشترك.



شكل (٨-٥) عملية تخصيص التكاليف

وبإستعمال هذه الإحصائيات لتطبيق تكلفة المكوّنات يكون التالي:

تكلفة الطلب: ٣ ك.و * ٨,٠٠ دولار ٢٤,٠٠ دولار

تكلفة الطاقة: ٨٠٠ ك.و.س. * ٠,٠٤ دولار ٣٢,٠٠

تكلفة المشترك: ١ مشترك * ٤,٠٠ دولار ٤,٠٠

التكلفة الكلية في الشّهر: ٦٠,٠٠دولار

متوسط التكلفة لكلّ كيلو وات ساعة: ٦٠,٠٠دولار / ٨٠٠ ك.و.س = ٠,٠٧٥ دولار أو ٧,٥ سنت

الأهمية الحيوية لعامل الحمل

يعتمد معدل الأسعار المتوسطة الناتجة كليًا على نسبة عدد ساعات الكيلو وات المستعمل لكيلو وات الطلب المطلوب لإمداده.

في المثال، نعتبر فقط الطلب ومكوّنات الطاقة، معدل الأسعار المتوسطة الناتجة ستكون:

تكلفة الطلب: ٣ ك.و * ٨,٠٠ دولار ٢٤,٠٠ دولار

تكلفة الطاقة: ٨٠٠ ك.و.س. * ٠,٠٤ دولار ٣٢,٠٠

التكلفة الكلية: ٥٦,٠٠دولار

متوسط التكلفة لكلّ كيلو وات ساعة: ٥٦,٠٠ دولار / ٨٠٠ ك.و.س = ٠,٠٧٠ دولار أو ٧,٠ سنت

إذا إفترضنا بأنّ المشترك يستعمل ضعف الكيلو وات ساعة ويتطلب مرّتين الطلب لإمداده، فحساب التكلفة يصبح:

تكلفة الطلب: ٦ ك.و * ٨,٠٠ دولار ٤٨,٠٠ دولار

تكلفة الطاقة: ١,٦٠٠ ك.و.س. * ٠,٠٤ دولار ٦٤,٠٠

التكلفة الكلية: ١١٢,٠٠دولار

متوسط التكلفة لكلّ كيلو وات بالساعة: ١١٢,٠٠دولار / ١,٦٠٠ ك.و.س = ٠,٠٧٠ دولار أو ٧,٠ سنت

يعرض هذا الحساب البسيط أهمية الحمل في تسعير الكهرباء. وأنه لايوجد هناك تغيير في سعر الوحدة بالرغم من أنّ الخدمة الكهربائية ضوعفت. نسبة ك.و.س إلى ك.و. كانت نفسها، أو بمعنى أخر ليس هناك تغيير في عامل الحمل.

إذا كانت تكلفة المشترك ٤,٠٠دولار بالشّهر متضمّنة في الحساب، تصبح التكلفة عند مضاعفة الكمية ١١٢,٠٠دولار+ ٤,٠٠ دولار=١١٦,٠٠ دولار. وهذا يتضمن، التكلفة المتوسطة لكلّ ك.و.س و هي ١١٦,٠٠ دولار / ١,٦٠٠ ك.و.س. = ٠,٠٧٢٥ دولار أو ٧,٢٥ سنت.

التكلفة المتوسطة النهائية لكل ك.و.س فى حالة ال ١,٦٠٠ ك.و.س أقل من ربع واحد من السنت، في ٧,٢٥ سنت، فى حالة الـ ٨٠٠ ك.و.س أين هو كان ٧,٥ سنت. ليس هناك تغيير في عامل الحمل، والتخفيض كان بسبب الحقيقة بأن تكلفة المشترك ٤,٠٠دولار وزعت على عدد كبير من الكيلو وات ساعة في الحالة الثانية:

٤,٠٠دولار/٨٠٠ ك.و.س = ٠,٠٠٥٠ أو ٠,٥ سنت

٤,٠٠دولار/١,٦٠٠ ك.و.س = ٠,٠٠٢٥ أو ٠,٢٥ سنت

الإختلاف ٠,٢٥ سنت

إذا إعتبرنا المشترك يضاعف إستعماله للطاقة من ٨٠٠ ك.و.س. إلى ١,٦٠٠ ك.و.س. فى الشهر ولكن لا يضاعف طلبه للحمل. فإن متوسط التكلفة لكل ك.و.س. يتغير ماديا. بفرض أن المشترك يزيد من طلبه للحمل بنسبة ٥٠% يزيد من ٣ ك.و. (لدى ٨٠٠ ك.و.س.) إلى ٤,٥ ك.و. (لدى ١,٦٠٠ ك.و.س.) لكل شهر. وتكون وحدة التكاليف كما تلى:

تكلفة الطلب:	٤,٥ ك.و * ٨,٠٠ دولار	٣٦,٠٠ دولار
تكلفة الطاقة:	١,٦٠٠ ك.و.س. * ٠,٠٤ دولار	٦٤,٠٠
تكلفة المشترك:	١ مشترك * ٤,٠٠ دولار	٤,٠٠
التكلفة الكلية:		١٠٤,٠٠دولار

متوسط التكلفة لكل كيلو وات ساعة: ١٠٤,٠٠دولار / ١,٦٠٠ ك.و.س = ٠,٠٦٥ دولار أو ٦,٥ سنت

عند ١,٦٠٠ ك.و.س. لكل شهر متوسط التكلفة لكل ك.و.س. يقل من ٧,٢٥ سنت إلى ٦,٥ سنت لكل شهر وعندما يزيد عامل الحمل من ٣٦,٥% (لدى ٦ ك.و.) إلى ٤٨,٧% (لدى ٤,٥ ك.و.) يكون بدون تغيير بالطاقة المستهلكة (١,٦٠٠ ك.و.س.).

إذا إعتبرنا عدد كبير من المشتركين الصغار إحداهم يستخدم ٥٠ ك.و.س. بالشهر فإن تكلفة المشترك سوف تؤثر على متوسط التكلفة

٤,٠٠ دولار / ٥٠ ك.و.س. = ٠,٠٨ دولار

إذا كان عامل الحمل كما بالحالة السابقة فمتوسط النسبة للمستخدم ٥٠ ك.و.س. تصبح:

(طاقة الطلب)		(مستهلك)		
٧,٠ سنت	+	٨,٠ سنت	=	١٥ سنت لكلّ ك.و.س

وتحسّن تكلفة المشترك من المستهلكين الصغار قد يقلل السعر في معدل الأسعار بينما الإستهلاك يزيد.

يمكن أيضا أن يعالج بتضمين "المشترك" أو تكاليف "خدمة" كبند منفصل في الجدول.

تدخل كلّ من مكوّنات التكلفة الثلاثة في حساب التكلفة، ويجب أن تنظم أسعار الكهرباء في ثلاثة أجزاء وفقا لذلك. وقد أبقت العديد من العوامل الأخرى أكثر النسب التى ذكرت من

ناحية واحد أو إثنان من المكوّنات الثلاثة التى إعتبرت منفصلة، وقد تضمنت التكاليف الأخرى على قاعدة متوسطة في بعض الإسلوب.

قياس المتطلبات

لحساب العوامل الضرورية لمحاسبة مكوّنات التكلفة، لابد من معرفة العداد الذى يجب أن يركّب هل هو عداد كيلو وات ساعة بسيط أو عداد يقيس الأحمال الكبيرة.

بالأضافة لقياس كيلو وات ساعة، أو قياس كيلو وات الحمل، يتم تركيب "عدادات طلب" لقياس مستوى كيلو وات ويركب عادة إلى كبار المستهلكين الصناعيين والتجاريين، ويتم فصل بند الطلب والطاقة المتعلق لهؤلاء المستهلكين. وتكون جداول معدل الأسعار المنزلية هي النسب الأسهل في تعريفة المرفق؛ و مستندة على مقياس الطاقة فقط أو نقص السعر لكلّ كيلو وات ساعة كمستوى زيادات الإستهلاك.

في الحالات الخاصّة، مثل إضاءة الشارع، حيث كمية الوات للمصابيح وعدد ساعات التشغيل معروفين، يتم حساب إستهلاك الطاقة بشكل حسابي ولا ضرورة لقياس الخدمة.

٥ - تطور معدل الأسعار

من التكلفة إلى معدل الأسعار

في البنود السابقة، لاحظنا الخصائص الفريدة لـهذه الصناعـة وفحصنـا بعض طـرق حسـاب التكاليف المستخدمة لمساندة التعريفة لبيع الكهرباء. ويتم استخدام مثالا افتراضيا فى الخطـوة القادمة لكى يدرس الإنتقال من هذه البيانات إلى صياغة معدل الأسعار.

لايمكن أن يكون معدل الأسعار مؤسّس بشكل منفرد لكلّ مشترك، مع ذلك قد تتفـاوت تكلفـة خدمتهم بعض الشّيء من واحد لآخر. مجموعات المشتركين مثل المـنزليين، التجـاريين، أو الصناعيين أو صغارهم قد يتشابهون فى الاستعمال داخل كلّ مجموعة.

جداول معدل الأسعار الإيضاحية

تمثّل جداول معدل الأسعار الثلاثة التالية معالجـة مبسّطة لمشكلة تصميم معـدل الأسـعار. هذا على سبيل المثال فقط ولا يجب أن يكون تطبيقا لأيّ مشكلة تصميـم معـدل الأسـعار لأى شركة.

معدل أسعار (أ)

الأولى	٥٠ ك.و.س.	١٦,٠ سنت لكل ك.و.س.
التالية	٥٠ ك.و.س.	٨,٥ سنت لكل ك.و.س.
التالية	٢٠٠ ك.و.س.	٧,٥ سنت لكل ك.و.س.
التالية	٥٠٠ ك.و.س.	٦.٦ سنت لكل ك.و.س.
أكثر من	٨٠٠ ك.و.س.	٦,٠ سنت لكل ك.و.س.

أقل فاتورة ٨,٠٠ دولار بالشّهر.

معدل أسعار (ب)

الأولى	٥٠ ك.و.س.	٨,٥ سنت لكل ك.و.س.
التالية	٥٠ ك.و.س.	٨,٠ سنت لكل ك.و.س.
التالية	٢٠٠ ك.و.س.	٧,٥ سنت لكل ك.و.س.
التالية	٥٠٠ ك.و.س.	٦,٥ سنت لكل ك.و.س.
أكثر من	٨٠٠ ك.و.س.	٦,٠ سنت لكل ك.و.س.

رسم خدمة ٤,٠٠ دولار بالشّهر.

معدل أسعار (ج)

الأولى	٥٠ ك.و.س.	١٠,٠ سنت لكل ك.و.س.
التالية	٥٠ ك.و.س.	٦,٠ سنت لكل ك.و.س.
أكثر من	١٠٠ ك.و.س.	٤,٠ سنت لكل ك.و.س.

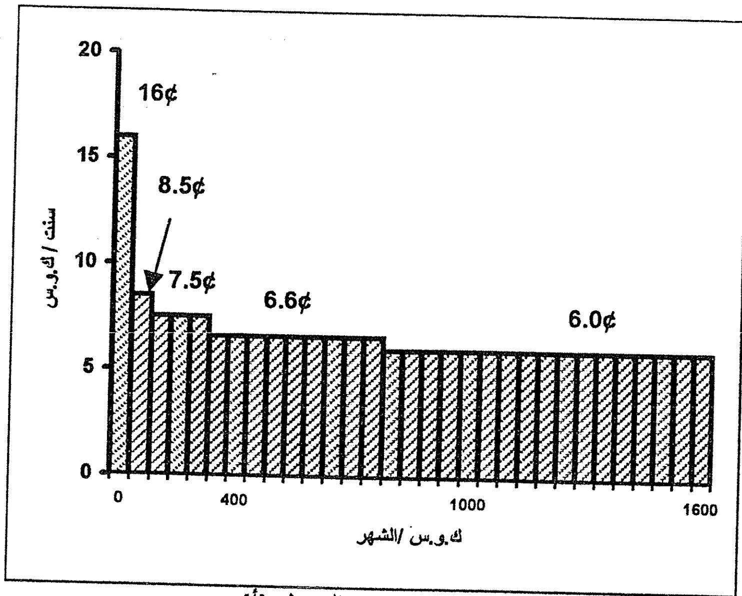
كلّ كيلو وات من الطلب يسجل ٤,٠٠دولار لكلّ كيلو وات في عداد المشترك. (الكيلو وات المقاس يفترض لمساواة مرّتين من الكيلو وات المنوّع بالكامل من نوع الطلب).
كلّ هذه المعدلات تنتج تقريبا ٧٢.٠٠٠.٠٠٠ دولار في الدخل السنوي مستند على المبيعات السنوية المفترضة من واحد بليون كيلو وات ساعة. (كما فى الأشكال رقم (٨-٦) ، (٨-٧) ، (٨-٨))وسوف يتطور منحنى التكلفة وفروض أخرى مستندة على هذه المعدلات في هذا البند.

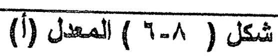
أشكال معدلات الأسعار *(Rate Forms)*

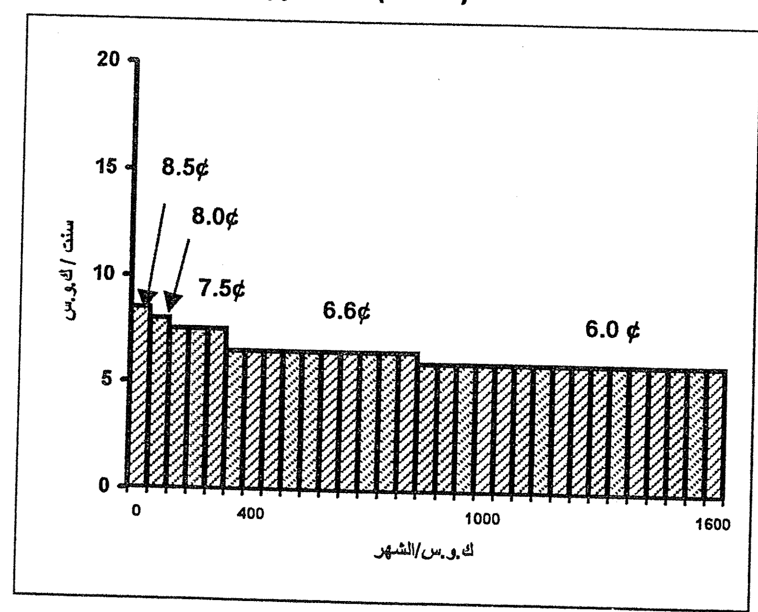
تكون المعدلات (أ), (ب) و (ج) تقريبا نفس الدخل الكلي للنظام " تحت الشروط المفترضة. ويحتوى المعدلين (أ) و(ب) على نسب بسيطة من الكيلو وات ساعة المحتواه بكتل الطاقة الخمس. ففي معدل الأسعار (أ)، تكون تكلفة المشترك ضمّن معدل الأسعار نفسه. وفي معدل الأسعار (ب) فإن تكلفة المشترك تتعافى من رسم الخدمة ولا تعتمد على الطاقة. أما معدل الأسعار (ج) يتكون من الجزئين اللذين يدمجان تكلفة المشترك في الطاقة، لكن يجعله منفصل ومستقل عن تكلفة الطلب.
يتطلب المعدلين (أ) و(ب) عداد كيلو وات ساعة واحد. بينما يتطلب المعدل (ج) عدادين، لتسجيل كلا الكيلو وات ساعة والكيلو وات . وهذا يمكن أن ينجز بتركيب عداد ثاني لتسجيل كيلو وات الطلب ، وهو يعمل عادة بتركيب آلة أكثر تعقيدا لكى تخدم كلتا الوظائف. ونجد أن تكلفة العداد للمعدل (ج) ستكون أكبر إلى حدّ كبير من العداد المستخدم للمعدلين الأخرين.

إنعكاس المعدلات على متوسط عامل الحمل

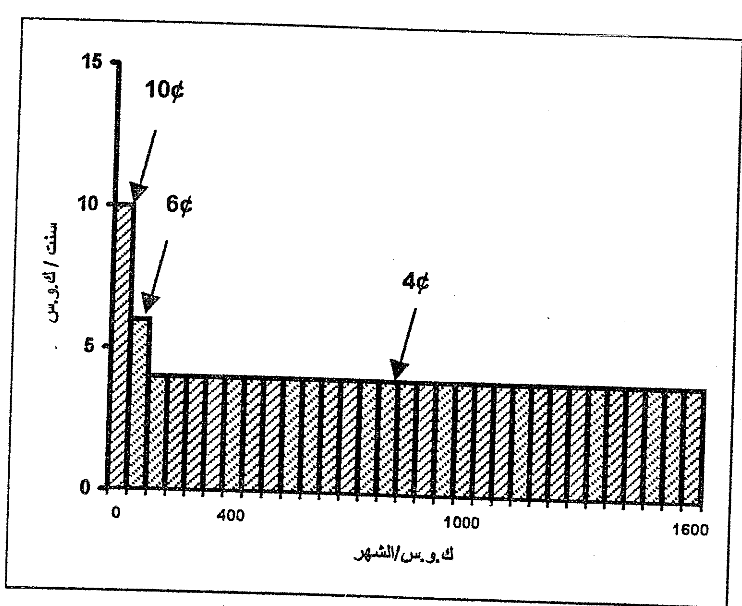
من شكل معدلات كتل الطاقة المختارة من المعدل (أ) و(ب)، فأن تخصيص السعر لكلّ كتلة معدل أسعار يستند على متوسط عامل الحمل فقط في ذلك المستوى من الإستهلاك. ويتم تحديد هذا بعد دمج مكونات تكلفة الطلب والطاقة. وبذلك يمكن تحديد سعر واحد فقط لاى مستوى معطى من الإستهلاك. ولا يمنع تحديد السعر في مستويات الإستهلاك المختلفة من إنعكاس عاملات الحمل المختلفة. وبالرغم من ذلك، فأن السعر في كلّ مستوى ما زال يعكس خصائص متوسط الحمل للمشتركين في ذلك المستوى من إستهلاك الطاقة. وعند




شكل (٨-٦) المعدل (أ)



شكل (٨-٧) المعدل (ب)



شكل (٨-٨) المعدل (ح)

إجراء تصميم معدل الأسعار فأن تطوّر "أول محاولة" التعريفة سيكون مبسط بشكل معقول في التركيب وقريب من نمط التكلفة في كافة أنحاء المجموعة المتوقعة لإستهلاك الطاقة.

العلاقة بين عامل الحمل وتوافق الطلب

تمت مناقشة الأهمية الحيوية لعامل الحمل وتوافق الطلب في البند السابق. ونستخدم المثال التالى ليوضح التأثيرات : الطلب في توليد المحطة من ٣ كيلو وات كان فقط نصف من الـ٦ كيلو وات المسجّل على عداد المشترك وقد عكس هذا الفرض ٥٠% من عامل التوافق الحقيقى لان كلّ مشترك في المجموعة لم يستعمل أقصى إستخدامه في نفس النقطة وفي نفس الوقت.

أفترض أن طلب الـ٦ كيلو وات سيكون عنده إستهلاك طاقة ٨٠٠ كيلو وات ساعة فى الشهر ، ووفقا لذلك، فإن عامل الحمل الشهري، لـه ١٨,٣%. وقد استعمل المشتركين ذو ال٦كيلو وات ١٠% من عامل الحمل، ٣٠% عامل حمل، أو في بعض المستويات الأخرى بإستهلاك طاقة متعادل بتلك الخصائص.

على مدار الكثير من السنوات أجريت أبحاث الحمل التى أشارت إلى أنه عندما تشترك مجموعات كبيرة من المشتركين، فهناك علاقة بين، معدل عاملات الحمل الفردية وتوافق الطلب. وهذا موضح في الرسم البياني رقم (٨-٩) عامل التوافق وعامل الحمل.

وقد صور الشكل رقم (٨-٩) عدة مخططات لاستعمال عامل التوافق *(Coincidence Factor)* وعامل الحمل *(Load Factor)* وعلاقته بتصميم التكلفة والحسابات مبينة في الجدول رقم (٨-٤) ، ولحساب عامل التوافق الملائم، ينطبق ذلك العامل إلى الطلب في العداد لحساب الطلب المتوافق، وأخيراً يطبّق الطلب والطاقة وتكلفة مكونات المشترك لتطوير مستويات التكلفة في عاملات الحمل الشهرية المختلفة.

الحسابات فى الجدول الخامس للحالة الإفتراضية حيث أن إستهلاك الطاقة ٨٠٠ كيلو وات ساعة بالشهر، والطلب في العداد ٦ كيلو وات وهذا يعكس عامل حمل شهري ١٨,٣%. وقد تم حساب نقطتان إضافيتان للأغراض الإيضاحية، واحد في عامل حمل ١٠% والآخرون في ٣٠%. وسيحسب عدد أعظم من النقاط في الممارسة الحقيقية بشكل واضح في منحنيات التكلفة. ويعرض شكل رقم (٨-٩) منحنى التكلفة الكلية وأيضا منحنى تكلفة الوحدة الإنتاجية.

شكل (٨-٩) التكلفة الفعلية لتطابق الطلب

جدول رقم (٨-٤)

حساب التكلفة في المستويات المختلفة من الطلب المتوافق

خصائص التحميل والتشغيل

الطلب (في العداد)		٦ ك.و.	٦ ك.و.	٦ ك.و.
عامل الحمل الشهري		١٠%	١٨,٣%	٣٠%
الطاقة في الشهر		٤٣٨ ك.و.س.	٨٠٠ ك.و.س.	١٣١٤ ك.و.س.
عامل التوافق	٠,٣٥	٠,٥٠	٠,٦٠	
حمل التوافق		٢,١ ك.و.	٣,٠ ك.و.	٣,٦ ك.و.
تطبيق كلفة المكوّن				
مشترك	٤.٠٠ دولار	٤,٠٠ دولار	٤,٠٠ دولار	٤,٠٠ دولار
الطاقة	٠,٠٤ دولار لكل ك.و.س.	١٧,٥٢	٣٢,٠٠	٥٢,٥٦
الطلب	٨,٠٠ دولار لكل ك.و.س.	١٦,٨٠	٢٤,٠٠	٢٨,٨
التكلفة الكلية		٣٨,٣٢ دولار	٦٠,٠٠ دولار	٨٥,٣٦ دولار
وحدة التكلفة لكل ك.و.س.		٨,٧٥ سنت لكل ك.و.س.	٧,٥٠ سنت لكل ك.و.س.	٦,٥٠ سنت لكل ك.و.س.

تعتمد الطاقة المستهلكة على عامل الحمل المفترض ومتوسط الحمل الأقصى لدى عداد المشترك (٦ ك.و.)
يحسب عامل التوافق من منحنى عامل التوافق وعامل الحمل فى الجزء العلوى للشكل رقم (٨-٩) ويتضح من الشكل تقاطع معامل الحمل مع معامل التوافق على الأحداثى الرأسى.
حمل التوافق هو حاصل ضرب الكيلو وات للحمل من خلال العداد وعامل التوافق (الفقرة رقم ٢).
تكلفة المكون ٨,٠٠ دولار مطبقة لحمل التوافق بينما التكلفة لكل كيلو وات عند العداد يكون ٤,٠٠ دولار إفتراضاً للمشترك الذى يستخدم ٨٠٠ ك.و.س. لكل شهر وحمل ٦ ك.و. وتحت هذه الظروف يكون عامل التوافق ٠,٥٠ والحمل المتوافق يكون ٣ ك.و.

تعديل التكلفة

من النقاط الهامة تعديل التكلفة عند تصميم معدل الاسعار وتكون درجة التعديل لأى تعريفة مقترحة لها علاقة بسعر التكلفة. ويقدم المعدلين (أ) و (ب) تعديل للتكلفة. وهذه المعدلات لا تحتوى على إحتياطى منفصل للسعة أو للطلب ويمكن للتكلفة أن تغطى بالمتوسط الأساسى للتعديل فى هذه المعدلات وتعتمد على مدى الإختلافات فى الكيلو وات للطلب الموجود لدى المشتركين عند كل مستوى من إستهلاك الطاقة.

جزئين لتخفيض التعديل

يقدم معدل الأسعار (ج) مهمة منفصلة للطلب، مقاس عند نقطة التوريد لكلّ مشترك وهكذا يزيل مظهر التعديل المجبر للجداول البسيطة (أ) و (ب). في نفس الوقت، يقدّم مظهر جديد كامل من فلسفة صنع معدل الأسعار بوضع قيمة إقتصادية على كيلو وات، ليس فقط على مقداره، لكن أيضا على وقت حدوثه، وفيما يتعلق بطلبات المشتركين الآخرين المخدومين من المرفق. وهى المنطقة الأكثر تعقيدا التي يجب أن يتعامل بها مصممي معدل الأسعار.

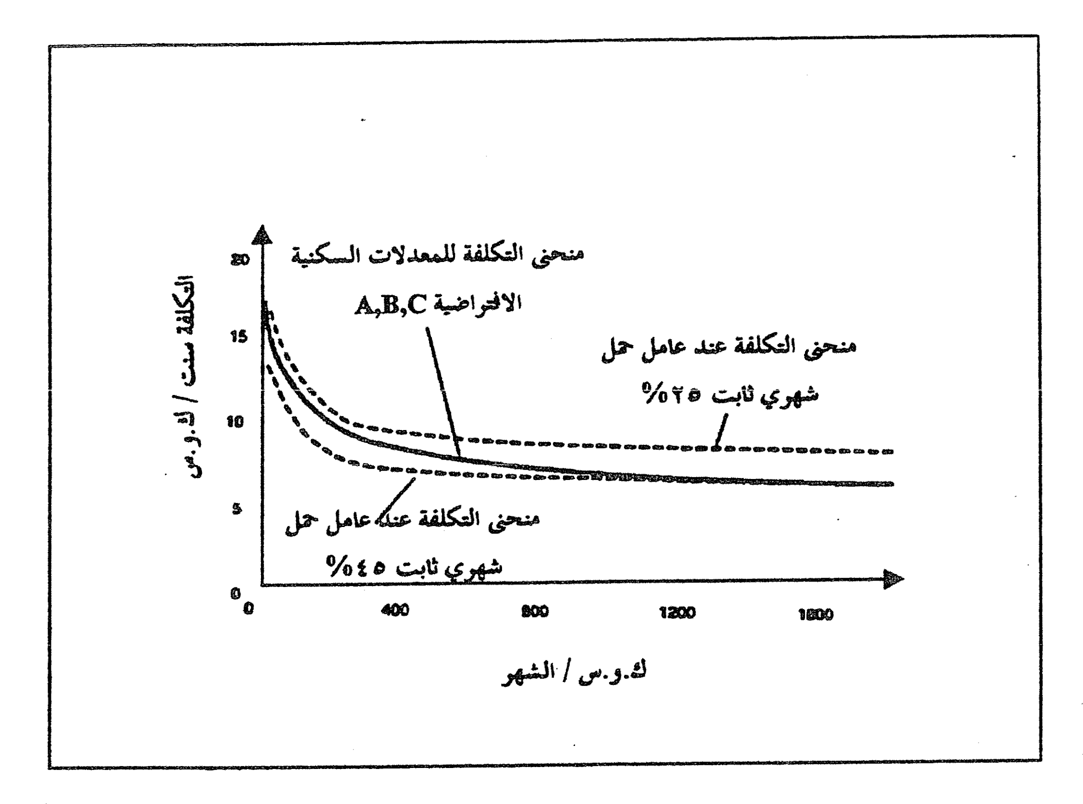
شكل معدل الأسعار لهوبكينسون *(Hopkinson rate form)*

يبين معدل الأسعار (ج)، وهو التغير المنفصل الرابع لتغير الطاقة والطلب، والذى سمى معدل الأسعار "هوبكينسون"، نسبة إلى الدكتور جون هوبكينسون. وهو مهندس إنجليزي، كان أستاذا في كلية الملوك بلندن، وهو أول من أقترح هذا النوع من التعريفة للخدمة الكهربائية في ١٨٩٧. ولقد نوقشت فى الامثلة السابقة مجموعات مختلفة من كيلو وات ساعة للطاقة، وكيلو وات للطلب، يؤدّي هذا إلى المستويات المختلفة من السعر العامّ لكلّ كيلو وات ساعة عندما تكون مشتركة. بمعنى آخر، أن يكون دفع السعر المتوسط أقل من معدل الأسعار تبعا لعامل الحمل المشترك.

شكل معدل الأسعار لرايت *(Wright rate form)*

تنعكس العلاقة الداخلية بين الكيلو وات ساعة والكيلو وات مباشرة في شكل المعدل الاساسى الثانى والمطور بواسطة عالم إنجليزى آخر في ١٨٩٦ هو آرثر رايت، خبير فى مالية المرفق، وقد أشار بأنّ العوامل المعروفة على تسعير الكهرباء مثل عامل الحمل وأنّ تأثيره يمكن أن يمثل بطريقة مباشرة من قبل حساب معدل الأسعار بحسابات بسيطة للكيلو وات ساعة (الطاقة) إلى كيلو وات (الحمل). وقد حدد السعر كتكلفة وحدة إنتاجية لكلّ كيلو وات ساعة / كيلووات، أثناء فترة المحاسبة.

يمكن الحصول على شكل رايت لمعدل الأسعار من عامل التوافق وعامل الحمل ومنحنيات التكلفة فى الشكل رقم (٨-١٠) بأتباع الأتى:-



شكل (٨-١٠) تطور منحنى التكلفة

الأولى	٢٠ ك.و.س. لكل ك.و. من طلب المشترك	١٥,٠ سنت لكل ك.و.س.
التالية	٢٠ ك.و.س. لكل ك.و. من طلب المشترك	٩,٥ سنت لكل ك.و.س.
التالية	٥٠ ك.و.س. لكل ك.و. من طلب المشترك	٦,٠ سنت لكل ك.و.س.
التالية	١٠٠ ك.و.س. لكل ك.و. من طلب المشترك	٥.٥ سنت لكل ك.و.س.
أكثر من	٢٠٠ ك.و.س. لكل ك.و. من طلب المشترك	٥,٠ سنت لكل ك.و.س.

تعديل شكل معدل الأسعار لهوبكينسون

ساعد دكتور رايت الدكتور هوبكينسون في عام ١٩٣١ لتحقيق أكبر نجاح لمعدله. قبل وفاة دكتور رايت كان يقول "أنه كان على خطأ ودكتور هوبكينسون على صواب". وتعمل الآن بعض المرافق بمعدلات لا تتضمن الشكل الأساسي لكل من المعدلين. وتعرف تكلفة الطاقة بأنها "ك.و.س. لكل ك.و." أو "عدد الساعات المستخدمة للطلب" وهى تختلف عن تكلفة الحمل. ويمكن تطبيق هذه المعدلات على الخدمات الكهربائية المنزلية والصناعية وتسمى "تعديل معدلات هوبكينسون". هذا التعديل يمزج بين تكلفة الحمل مثل ٤,٠٠ دولار لكل ك.و. كما هو في المعدل (ج) لهوبكينسون. بالإضافة إلى ذلك تعتمد تكلفة الطاقة على الكيلو وات ساعة لكل ك.و. تبعا لشكل رايت لمعدل الأسعار. قد تزوّد كتلة طاقة ثابتة لعدد معيّن من كيلو وات ساعة قبل إظهار معدل الأسعار للكيلو وات ساعة لكلّ كيلو وات. وتستعمل العديد من الإختلافات لكي تكيّف معدل الأسعار إلى خصائص الحمل المعيّنة للسوق.

قاعدة أمثلة لمعدل الأسعار الإيضاحية

تستند الفروض المعيّنة للثلاثة أمثلة لمعدل الأسعار الإيضاحية على النقاط التالية:

- تصميم التكلفة الملائمة المخصّصة إلى العمل لأيّ معدل اسعار .
- تطوير مكوّنات التكلفة للطلب، الطاقة، ووظائف المشتركين.
- تأسيس هدف الإيراد الإجمالي للصنف كنتيجة للاجراء التنظيمي .
- السجلات الكاملة للمبيعات المسبّقة للكهرباء متوفرة في مثل هذا الشكل وتلك المبيعات الكليّة لمعدل الأسعار تقرّر بسهولة (كلتا ك.و.س. & ك.و.).
- بفرض عامل الحمل الشهري للمشتركين ذى ٥٠ كيلو وات ساعة أستهلاك شهري يكون ٢٥ % وبفرض أن عامل الحمل يزيد إلى ٤٥% لمستوى إستهلاك من ٢,٠٠٠ كيلو وات ساعة بالشّهر.

أستنادا على هذه الفروض، فأنه يمكن تقريب مستويات معدل الأسعار في إستهلاك الكيلو وات ساعة المختلفة و يمكن أن يتم بإستعمال حسابات منحنى تكلفة مثل المعروض في الشكل رقم (٨-١٠). ولتطوير علاقة الطلب، الطاقة وتكلفة مكونات المشترك يجب تطبيق إستخدام عامل الحمل عند كل نقطة من خلال مدى البيانات. وتكون النتائج كما يلى :-

٥٠ ك.و.س	١٦,٤٧ سنت لكل ك.و.س.
٣٠٠ ك.و.س	٩,١١ سنت لكل ك.و.س.
٨٠٠ ك.و.س	٧,٥٠ سنت لكل ك.و.س.
٢٠٠٠ ك.و.س	٦,٦٤سنت لكل ك.و.س.

بالإضافة إلى القيم عاليه يعرض الشكل رقم (٨-١٠) منحنيات عاملات الحمل الثابتة ٢٥%و ٤٥% وأقل وأعلى قيمة مفترضة بالبيانات. هذه المنحنيات تحصر منحنى التكلفة بين أقل وأعلى قيمة. تطوير المعدلات التى تنتج بالفواتير تقرب القيم المعطاة خارج حدود المعدلات على منحنى التكلفة والمتوقع تغطيتها لفترات الكتل وأسعار الكتل لكل كيلو وات ساعة وهذا موضح بالرسم والأرقام بالأشكال (٨-٦) ، (٨-٧) ، (٨-٨) للمعدلات (أ)، (ب)، (ج) على التوالى

يوضح الجدول التالى مقارنة توضيحية لقيم منحنيات الحمل والفواتير

ك.و.س. لكل شهر	القيمة من منحنى التكلفة	فاتورة معدل (أ)	فاتورة معدل (ب)	فاتورة معدل (ج)
١٠٠	١٢,٢١ دولار	١٢,٢٥ دولار	١٢,٢٥ دولار	١٢,٢١ دولار
٣٠٠	٢٧,٣٣	٢٧,٢٥	٢٧,٢٥	٢٧,٣٤
٨٠٠	٦٠,٠١	٦٠,٢٥	٥٩,٧٥	٦٠,٠٢
١٠٠٠	٧١,٧٤	٧٢,٢٥	٧١,٧٥	٧١,٧٤
٢٠٠٠	١٣٢,٧٠	١٣٢,٢٥	١٣١,٧٥	١٣٢,٧٤

أهمية الأعداد

تم تطوير النسب ولكنها تظهر فى الامثلة إلى جزء من العشرة من السنت وذلك للتبسيط و إذا ظهرت كسور أصغر للسنت، فأن الفواتير ستنخفض تحت هذه النسب المختلفة. على سبيل المثال، في الجدول (ب)، برفع معدل الأسعار للكتلة الرابعة من ٦,٥ سنت إلى ٦,٥٥ سنت ترفع فاتورة الـ ٨٠٠ ك.و.س. من ٥٩.٧٥ دولار لـ٦٠,٠٠دولار وهكذا تتوافق إلى دليل التكلفة.

يؤثر أي تغيير في معدل أسعار الشريحة على الإيراد الإجمالي الناتج بالجدول. وعلى سبيل المثال اذا كانت مبيعات الطاقة الكلية بليون كيلو وات ساعة للعام ، فإن٣٦٠ مليون كيلو وات ساعة بيعت في الكتلة من الدرجة الرابعة. والزيادة في معدل الأسعار من ٦,٥سنت

إلى ٦,٥٥ سنت، أى تتغيير من خمسة بالمائة من السنت الواحد ويزيد الإيراد الإجمالي فى الجدول لحوالى ١٨٠,٠٠٠دولار.
تصمم النسب للإقتراب من هدف الإيراد الإجمالي بقدر الإمكان، ولكن لا يتجاوزه. ويجب مراعاة الدقة لكلّ خطوة في إجراء تصميم معدل الأسعار لتأثيرها على الإيراد الإجمالي بالإضافة إلى التأثير على الفواتير الفردية.
حسابات الإيراد الإجمالي للمعدلين (أ) و (ب) معطاة بالجدول (٨-٥) بينما الحسابات لمعدل الأسعار (ج) معطى بالجدول رقم (٨-٦).

جدول رقم (٨-٥)

تطور العائد السنوى للمعدلين (أ) و (ب)

		ك.و.س. السنوية	وحدات المعدل	العائد السنوى
معدل (أ)				
الأولى	٥٠ ك.و.س. لكل شهر	٥٥,٠٠٠.٠٠٠	١٦,٠ سنت	٨,٨٠٠,٠٠٠ دولار
التالية	٥٠ ك.و.س. لكل شهر	٥٥,٠٠٠.٠٠٠	٨,٥ سنت	٤,٦٧٥,٠٠٠
التالية	٢٠٠ ك.و.س. لكل شهر	٢١٠,٠٠٠.٠٠٠	٧,٥ سنت	١٥,٧٥٠,٠٠٠
التالية	٥٠٠ ك.و.س. لكل شهر	٣٦٠,٠٠٠.٠٠٠	٦,٦سنت	٢٣,٧٦٠,٠٠٠
أكثر من	٨٠٠ ك.و.س. لكل شهر	٣٢٠,٠٠٠.٠٠٠	٦,٠ سنت	١٩,٢٠٠,٠٠٠
معدل (أ)		١,٠٠٠.٠٠٠.٠٠٠ ك.و.س.		٧٢,١٨٥,٠٠٠ دولار
معدل (ب)				
الأولى	٥٠ ك.و.س. لكل شهر	٥٥,٠٠٠,٠٠٠	٨,٥ سنت	٤,٦٧٥,٠٠٠ دولار
التالية	٥٠ ك.و.س. لكل شهر	٥٥,٠٠٠,٠٠٠	٨,٠ سنت	٤,٤٠٠,٠٠٠
التالية	٢٠٠ ك.و.س. لكل شهر	٢١٠,٠٠٠.٠٠٠	٧,٥ سنت	١٥,٧٥٠,٠٠٠
التالية	٥٠٠ ك.و.س.	٣٦٠,٠٠٠.٠٠٠	٦,٦سنت	٢٣,٤٠٠,٠٠٠

	لكل شهر			
أكثر من	٨٠٠ ك.و.س. لكل شهر	٣٢٠,٠٠٠.٠٠٠	٦,٠ سنت	١٩,٢٠٠,٠٠٠
		١,٠٠٠.٠٠٠.٠٠٠ ك.و.س.		٦٧,٤٢٥,٠٠٠ دولار
تكاليف الخدمة				
١٠٠,٠٠٠ مشترك * ١٢ شهر * ٤,٠٠ دولار لكل فاتورة				٤,٨٠٠,٠٠٠ دولار
معدل (ب)				٧٢,٢٢٥,٠٠٠ دولار

١. في الممارسة الحقيقية ستظهر جداول معدل الأسعار بالأماكن العشرية الإضافية، وعلى هذا الاساس، فان إختلاف العائد بين المعدلين لن يكون هاما.
٢. على سبيل المثال: معدل الأسعار للكتلة الرابعة للمعدل (ب) يكون ٦,٤٩ سنت بدلا من ٦,٥سنت. الإختلاف بين العائدات الناتج من المعدلين (أ) و (ب) سيكون ٤,٠٠٠دولار بالسّنة بدلا من ٤٠,٠٠٠دولار بالسّنة.

جدول رقم (٨-٦)

تطور العائد السنوى للمعدل (ج)

		ك.و.س. السنوية	وحدات المعدل	العائد السنوى
معدل (أ)				
الأولى	٥٠ ك.و.س. لكل شهر	٥٥,٠٠٠.٠٠٠	١٠,٠ سنت	٥,٥٠٠,٠٠٠دولار
التالية	٥٠ ك.و.س. لكل شهر	٥٥,٠٠٠.٠٠٠	٦,٠سنت	٣,٣٠٠,٠٠٠
أكثر من	١٠٠ ك.و.س. لكل شهر	٨٩٠,٠٠٠.٠٠٠	٤,٠ سنت	٣٥,٦٠٠,٠٠٠
		١,٠٠٠.٠٠٠.٠٠٠ ك.و.س.		٤٤,٤٠٠,٠٠٠ دولار
تكاليف الحمل				
كل ك.و.		٦,٩٥٠,٠٠٠ ك.و.		٢٧.٨٠٠,٠٠٠ دولار
إجمالى العائد السنوى للمعدل (ج)				٧٢,٢٠٠,٠٠٠ دولار

في الممارسة الحقيقية، يجب تعديل كلّ قيم الكيلو وات ساعة والكيلو وات المقاسة في محطة التوليد للسماح للخطأ والخسائر الأخرى بين موضع الإنتاج ووضع التوريد. وقد حذفت مثل هذه التعديلات بغرض التبسيط.

٦ - الأسعار طبقا لوقت الاستعمال *(Time – of – use rates)*

تفاوت التكلفة تبعا لوقت الإستعمال

تتفاوت تكلفة الانتاج فى العملية الطبيعية لتوليد الكهرباء ونقلها إلى المستهلك أثناء اليوم وفصول السنة . وقد أشير أن فى فترة الذروة تكون المجموعات المختلفة للحمل الأساسي، والدورى وحمل الذروة لوحدات التوليد المعتمدة على مقدار الحمل المجهز كيلو وات . كلّ نوع من الأجهزة مصمّم لغرض مختلف،كما ان الخصائص التقنية لكلّ نوع مختلفة، وهى خليط معقد من كل من متوسط تكلفة الطاقة من الاستثمار الراسمالى ونفقة التشغيل لكل كيلو وات ساعة .

ونظريا فأن تكلفة الوحدة الانتاجية تتفاوت من دقيقة إلى أخرى وتكون نسبة هذه التغييرات صغيرة نسبيا و تعتمد هذه التأثيرات على فترة أطول من الوقت، مثل نصف ساعة أو الساعة. اما بالنسبة للفترات الاطول من ساعة فهى ما زالت غير مأخوذة فى الأعتبار بالنسبة للتكلفة أثناء فترات ثبات حمل نظام ثابت نسبيا. ونجد أن التغييرات الرئيسية في مستوى الحمل تحدث من منتصف النهار إلى الساعة ٣:٠٠ صباحا ويصبح ذلك الإختلاف في تكلفة الوحدة الإنتاجية هامّ من ناحية تصميم معدل الاسعار.

وقت اليوم مقابل فصل من السنة

بعض المراجع جعلت وقت اليوم كإشارة للتغير فى مستوى السعر بين ساعات النهار والليل. وتوجد أوصاف أكثر عمومية لوقت الإستعمال تعكس أختلاف السعر أثناء فصول مختلفة من السنة بالإضافة إلى التغييرات اليومية.

يجب أن تعتمد أسعار الكهرباء على وقت الخدمة بالإضافة إلى الحمل الأقصى في الكيلو وات وإحتياج الطاقة للكيلو وات ساعة. وكل النسب الكهربائية تأخذ فى الأعتبار مثل نسبة الخدمة و الأحمال القصوى بالكيلو وات و كذلك الطاقة بالكيلو وات ساعة و هذة الميكنة تستعمل على نطاق واسع فالأستعمال المباشر لذلك هو تركيب عدادات لقياس كل الكميات على حده.

تأثير الطقس

قد تؤثر الانماط الموسمية على المقياس النهارى *(Time of day)*، فمثلا : أذا كانت تستعمل الكهرباء فى التدفئة من خلال عداد منفصل ولايوجد حمل أخر يوصل إليه فإن وقت إستعمال الخدمة يتأثر بشكل كبير بالطقس. لان الإستعمال الأعظم للخدمة يحدث عادة أثناء ساعات اليوم البارد من منتصف الليل لبزوغ الفجر. وأثناء أيام درجات الحرارة المنخفضة وهذا يتكرر موسميا بأنتظام وبالتالى فأن الطقس يكون مؤثرًا بطريقة غير مباشرة على السعر.

الوقت الغير مباشر لدواعى الإستعمال (Indirect time – of – use considerations)

يوجد شكل آخر من أشكال الوقت الغير مباشر لدواعى الإستعمال وهو نسبة استهلاك الطاقة فى القطاع المنزلى، والتي تبدأ من نقطة إستعمال الكيلو وات ساعة للحاجات المحلية الضرورية. وبوجود الإستعمال الإضافي من بعض التطبيقات الخاصة " مثل تدفئة الماء أو التدفأة المركزية. ومثل هذا الموقف مستند على المستويات المفترضة للإستعمال الأساسي الغير مماثلة للإستعمال الحقيقي من قبل كلّ مستهلك، ويتم تحديد وقت الإستعمال تبعا للفرض بأن تلك الطاقة المطلوبة فوق المستوى الأساسى وهى طاقة تزايدية فى فترة الخروج من الذروة ومثال ذلك التكييف المركزى الذى يصل إلى أعلى معدلات استعماله صيفاً.

يعتمد جدول معدل النسبة المحتوي على الطاقة التى يحتاجها المشترك على أقصى أحتياج له أثناء فترة المحاسبة حتى بدون تحديد تطبيقه إلى وقت معيّن من اليوم. أن جدول معدل النسبة ما زال له وقت إستدلال الإستعمال حيث أن كمية الطاقة تتوقف على أقصى أحتياج للمستهلك الفردى ومن الممكن خفض فاتورة الأستهلاك بتحويل البعض من إستعماله إلى ساعات مختلفة من اليوم. ويمكن أن يستمر ذلك حتى تصل احتياجاته في وقت الذروة الجديد إلى حد مساوي للحمل الذي يبقى على الشبكة في فترة الذروة الأصلية.

مرونة النظرة

هناك عدّة طرق التي يعتبر عنصر الوقت فيها إضافة للقياس الحقيقى ففي البند السابق، صممت عينات ، ا ، ب ، ج عن قصد لكي تكون بسيطة بقدر الإمكان لأغراض الإيضاح. لا يؤخذ فى الاعتبار عدم الموسمية والإختلافات الليلية في معدل النسبة كذلك لا تعتبر تطبيقات نهائية لنوعية الكهرباء.

لابد أن يضع نموذج معدل النسبة فى اعتباره مميزات السوق فى منطقة الخدمة ، مثل الإستعمال المتزامن للخدمة المتراكمة بواسطة المشترك الذي يشكل نظام المرفق، وبالتالى فهو عامل أساسي في أكثر الحالات للرأسمال الازم للأختلافات في تكلفة إنتاج الكهرباء و يتعلق مباشرة بالحمل وتقلباته، وبالتالى يعكس الطريقة التى يستعمل بها المستهلك الخدمة ،كما يعكس نمط الإختلاف اليومي أو الدورة النهارية في إستعمال الكهرباء عادات المستهلكين فى منطقة الخدمة المقصودة . وكان تقريبا في كلّ حالة، الاحتياج للكهرباء أثناء ساعات النهار يفوق إستعماله أثناء الليل و هو الحد الأساسي.

وعلاوة على ذلك فأن أغلب المرافق تواجه إختلافات أساسية في الطلب على الطاقة أثناء فصول السنة المختلفة ، وهذه الدورات الموسميّة تتنوع حسب أختلاف ساعات بزوغ الفجر ، درجة الحرارة، الشروط المناخية الأخرى، وكذلك عدم أستمرارية الأشغال مثل مواسم الأجازات و المنتجعات و الأحمال الصناعية الكبيرة وذلك يؤثر على النموذج العام للأستهلاك.

تأثير الأحمال النوعية الكبيرة

إن الأحمال النوعية الكبيرة جدا مثل التكييف في الشهور الصيفية والتدفأة المركزية الكهربائية في الشتاء لها تأثير فى تحديد ما إذا كان الاستعمال للمرفق له ذروة صيفية و ذروة شتائية أو حمل متوازن موسميا . الذروة الشتائية هى عادة تظهر فى ديسمبر/ كانون الأول أثناء ساعات العصر المتأخرة عندما لا تكون متضمنة التدفأة المركزية حيث أن التدفأة المركزية تميل للوصول للذروة فى الساعات الأولى مباشرة قبل شروق الشمس في الأيام الشتائية الباردة و العكس فأن ذروة أستعمال التكييف تبدأ فى ساعات العصر المبكرة فى أقصى أيام الصيف حرارة و ذروة التكييف عادة تصل إلى أقصى أحتياج لها في يوليو/تموز، أغسطس/آب، أو سبتمبر/أيلول ذلك على بناء التواجد الجغرافي.

معدلات الاختلافات الموسمية

إن أنعكاس التغير الموسمي في الحمل يتحقق بسهولة بحساب أعلى أسعار للخدمة الكهربائية أثناء شهور الذروة المحتملة عنها فى شهور أخرى و أذا أتبعنا هذة الوسيلة فلن يكون هناك تغيير فى وسائل الحساب و هناك أستهلاكات كثيرة لها معدلات تتوقف على هذا المبدأ مثل وجود تركيز عالى من تكييف الهواء.

معدلات الإختلاف النهاري الليلي

بالمقارنة مع إجراء تصميم النسبة للدورة الموسمية، فأن قياس الدورة النهارية أكثر تعقيدا بالأضافة لقياس عدد كيلو وات الساعة المنقولة إلى المستهلك، فأن يمكن قياس أحتياجاتة بالكيلو وات أذا لم يكن قد تم بالفعل ، ولتسجيل عدد الكيلو وات ساعة المستعملة أثناء ساعات الذروة ليوم وذلك بعيد عن الكيلو وات المنقولة أثناء ساعات أخرى فإن تكلفة الطلب على الطاقة يمكن أكتشافها على أساس متوسطى بحساب متوسط معدل الطاقة.

يمكن الحساب المباشر للطلب على الطاقة بعدة طرق : مثل وضع عداد منفصل يقيس الأحتياج أو عداد خاص "يستعمل لقياس نوعى الأحتياج فى جهاز واحد، وقد استعملت السجلات المنفصلة لكيلو وات ساعة أثناء ساعات الذروة والساعات الأخرى من اليوم وذلك عن طريق تركيب عداد كيلو وات ساعة أخر وأداة تحويل آلية للتحويل من عداد إلى اخر في الوقت المناسب أو إستعمال أداة أخرى. بغض النظر عن أيّ نظرة مأخوذة ، فان تكلفة العدادات المستعملة فى عمل معدل معين يتوقف على وقت إستعمال الخدمة .وبناء عليه فأن التحليل الاقتصادي المتأني لابد أن يتم للتحديد ما أذا كان الاستثمار الإضافي لمجموعة من المشتركين .

بصفة عامة ، عند تصميم نسبة الاستعمال يتم التوجه نحو عدد كبير من المشتركين و ذلك ليس فقط لاعتبارات تكلفة الاجهزة و أنما بسبب كبار المشتركين . قد أعطى له إمكانية أعظم لتوفير الطاقة، ودفع الحمل خارج ساعات الذروة وإلى الفترات الأخرى من اليوم.

مثال وقت معدل الإستعمال

هناك طريقة بسيطة لحساب نسبة الإستعمال الوقتى للأغراض المنزلية موضحة للمعدل (د) الذى يستخدم المفاهيم الأساسية لهذا الشكل من تصميم نسبة الأسعار المذكورة، ويحقق المعدل (د) تقريبا نفس الإيراد الإجمالي كما يقدّر، (ب) و(ج) .

المعدل (د)

	وقت الذروة	وقت الخروج من أوقات الذروة
شهور الصيف		
نسبة الطلب على الحمل	٧,٠٠ دولار / كيلو وات	٢,٠٠ دولار / كيلو وات
نسبة الطاقة	٤,٢٥ سنت / كيلو وات ساعة	٤,٠٠ سنت / كيلو وات ساعة
شهور الشتاء		
نسبة الطلب على الحمل	٣,٥ دولار / كيلو وات	٢,٠٠ دولار / كيلو وات
نسبة الطاقة	٣,٢٥ سنت / كيلو وات ساعة	٢,٥ سنت / كيلو وات ساعة
معدل خدمة المستهلك		٤,٠٠ دولار / الشهر

* بفرض أن ساعات الذروة كانت من ١٠:٠٠ صباحا إلى ١٠:٠٠ مساء وبالرغم من أن هذه النسبة الإيضاحية تصوّر أساسيات وقت تعريفة الإستعمال، فأن هناك إختلافات كثيرة لهذه المنظومة الأساسية بعضها سهل و بعضها أكثر تعقيدا.

تحديد فترات المعدلات

تسمى الفترات الزمنية المستعملة في تصميم وقت مستويات معدل نسبة الإستعمال بفترات المعدلات *(Rating period)*. و هى عادة توصف قمة ذروة، أو الوقت المتوسط أو الخروج من أوقات الذروة. بالرغم من أن تكلفة الإنتاج تتفاوت بشكل مستمر، فأنة ليس عمليا على الأطلاق ان يوضع سعر مختلف لكلّ من ساعات اليوم لمدة ٣٦٥ يوم في السّنة. تقسّم اليوم إلى إثنان أو ثلاث فترات بالنسبة لتكلفة الأستهلاك يمثل حد معقول فى أغلب الحالات .

إنّ عدد اوقات المعدلات المختارة و اطوال هذه الفترات وتعديلاتها الموسميّة تكون حسب ضرورة تراكم الحمل المقدمة من المرفق وجدول تشغيل وحدات التوليد المستعملة للتغذية . ونقطة البداية هى دراسة مزيج من الحمل الأساسي و الدورى ووحدات قمة الأستهلاك لأنه هو المزيج الخاص لوحدات التشغيل بأي وقت معيّن و هو الذي يحدد تكلفة الإنتاج فى هذا الوقت.

مواجهة أنماط الحمل الموسمية

تتطور منحنيات الحمل لمختلف مواسم السنة وتقارن بمثيلاتها فى السنوات السابقة ، و الغرض هو تحديد الأنماط المتكررة لمستوى الحمل و تغير الحمل الذى يميز كل فصل.

بمعنى آخر إن الإستقرار لهذة المنحنيات والدرجة التي يتكرر بها نفس النمط في سنوات متعاقبة بمكان ما سوف يبنى المعدل على أساس هذة العلاقات الموسمية.
ويفترض أن المرفق له ذروة صيفية وهى أكبر من حمل الذروة التى قدمت في الشتاء فأن الأحمال أثناء الربيع و الخريف سيكونان بالتباعية فى مستويات بين ذروة الصيف و ذروة الشتاء. (لاحظ الاشكال (٨-١١) ، (٨-١٢) ، (٨-١٣) ، (٨-١٤))
الحمل الأساسي والوحدات الدورية و القصوى *(Base load cycling & peaking units)*
الحمل الأقصى الصيفي، في هذا المثال، سيقابل بمجموعة من وحدات التوليد و لأغراض الإيضاح ، يفترض بأن أجهزة التوليد المطلوبة لتزويد ذروة الشبكة هو كالتالى:-
وحدات بلوغ الذروة ١٠%
وحدات الدورية ٣٠%. ،
وحدات الحمل الأساسية ٦٠%.
مجموع ١٠٠%

استعمال وحدات الذروة

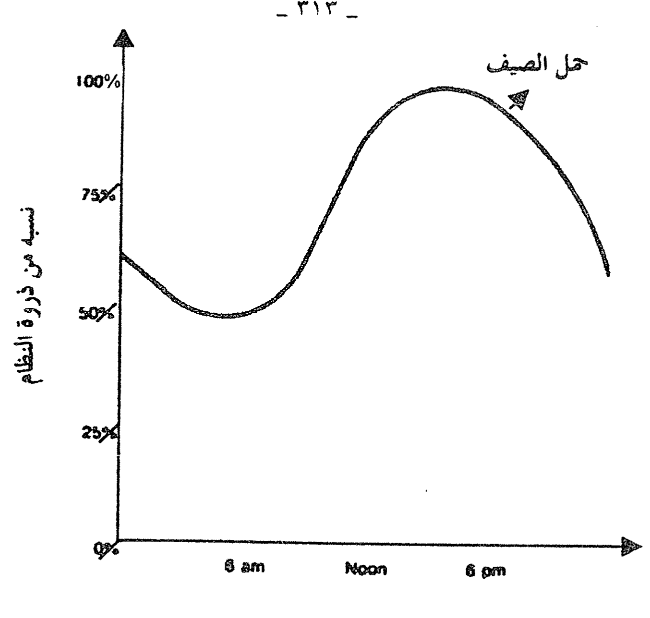
تكون وحدات الذروة اقل تكلفة من وجهة نظر الاستثمار الرأسمالي لكن الأكثر غلاءا من وجهة نظر التشغيل ، وهى مصممة فقط للتشغيل لمدة معينة من السنة ومن المحتمل ٤٠٠ ساعة وهى وحدات مرنة بما فية الكفاية لأعطاء تشغيل سريع فورى وهى فرصة اقتصادية مثلى للمرفق لأستعمالها أيام قليلة وقت الذروة.
شكل (٨-١٥) نموذج التوليد المستعمل بواسطة المرفق لمواجهة ذروة الحمل الصيفى اليومى. يشير خط العرض في المخطط على ٩٠% من الحمل الذروة (١٠%، تحت الطلب الذروة) كما أن وحدات بلوغ الذروة ستكون من ١٢:٠٠ ظهر لـ ٨:٠٠ مساء في ساعات أخرى، وأن الحمل من الممكن بأن يحمل على مولدات الحمل الأساسية و الدورية.

استعمال الحمل الأساسي و الدورى

الخط المار باللوحة عند ٦٠% من ذروة الأستهلاك يشير إلى أن كل الاحمال الاساسية تحت هذا المستوى من الممكن أن تحمل على وحدات الحمل الاساسية و أنه قد يلزم سعة أكبر أثناء الفترة من ٨ صباحا إلى منتصف الليل و هذه السعة قد تأتى من الوحدات الدورية بأستثناء ذلك الجزء المصاحب لوحدات الذروة.

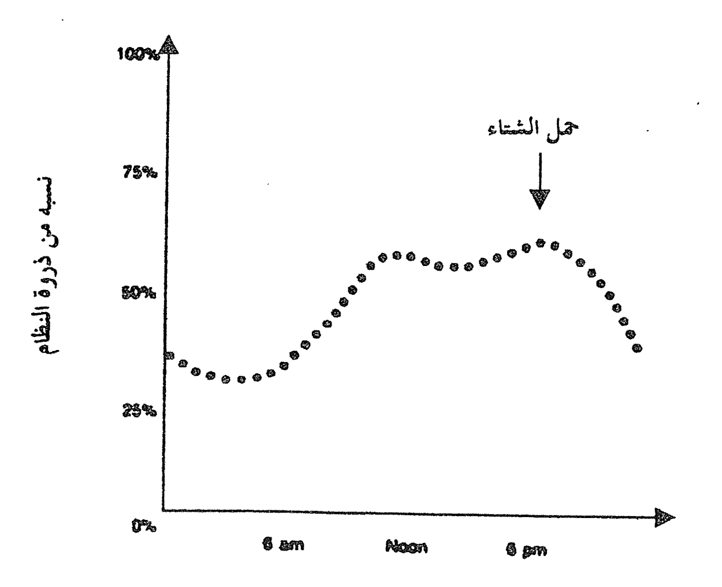
الإختيار النهائي لتقدير الفترات

بناء على هذه الملاحظات،فأن ٢٤ساعة اليوم من الممكن أن تقسم إلى ثلاث معدلات فترة : وقت الذروة و الوقت المتوسط و وقت الخروج من الذروة أما فترة وقت الذروة فأنها تمثل ذلك الجزء من اليوم الذى أثناءه كل وحدات التوليد تكون محتاجة لمقابلة الحمل و هذه الساعات تحدد من ١٢ ظهرا لـ ٨ مساءا و هى أعلى ساعات تكلفة



شكل (٨-١١) حمل موسمي للنظام

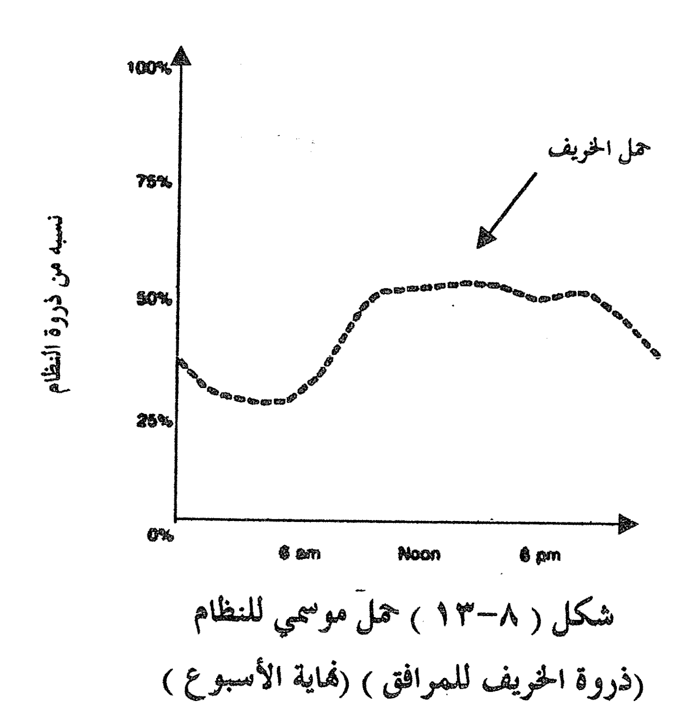
(ذروة الصيف للمرافق) (نهاية الاسبوع)



شكل (٨-١٢) حمل موسمي للنظام

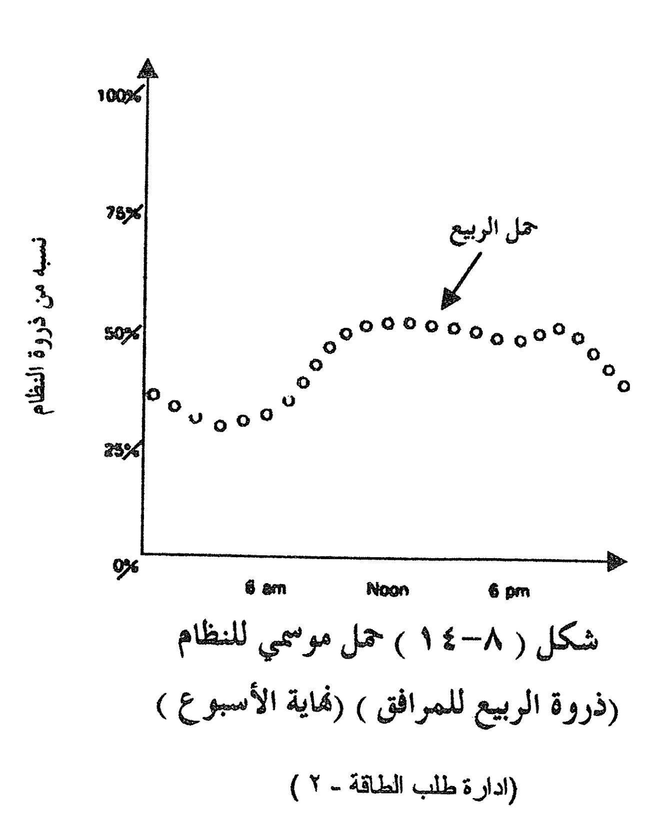
(ذروة الشتاء للمرافق) (نهاية الاسبوع)

(ادارة طلب الطاقه ـ ٢)



شكل (٨-١٣) حمل موسمي للنظام

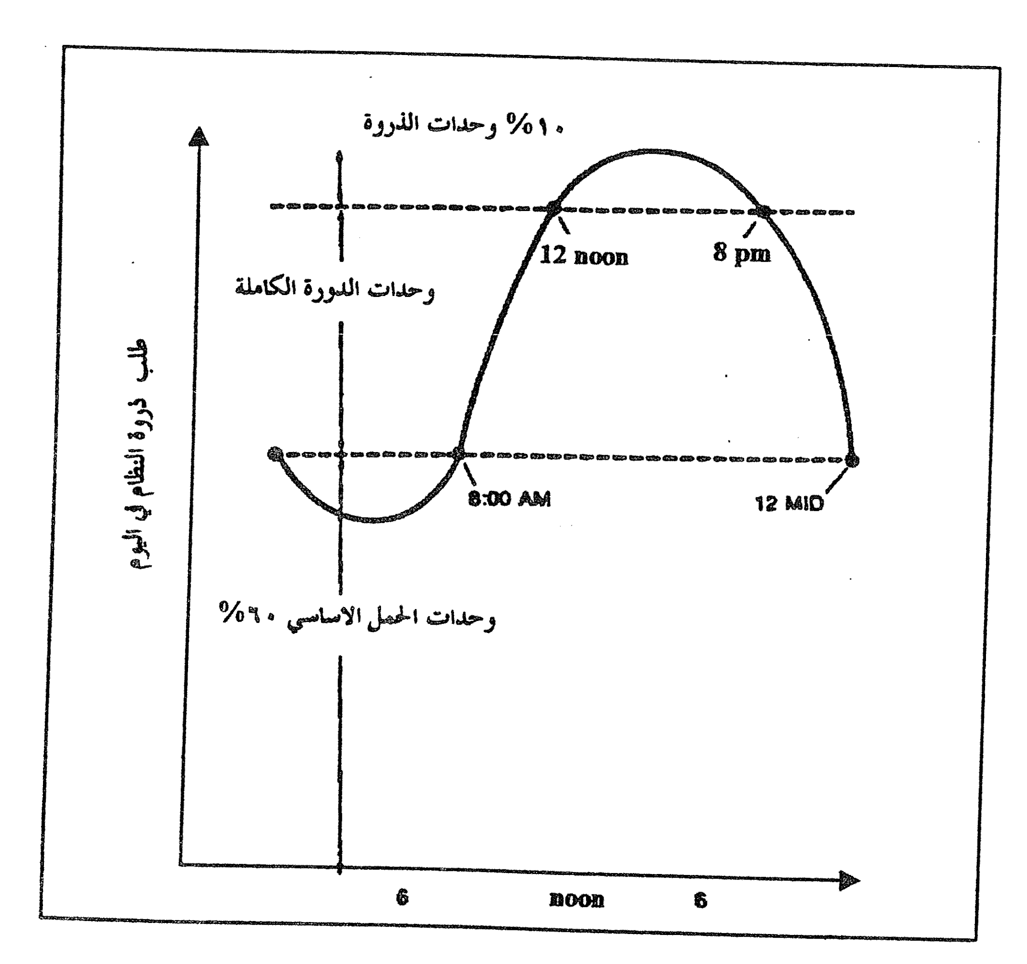
(ذروة الخريف للمرافق) (نهاية الأسبوع)



شكل (٨-١٤) حمل موسمي للنظام

(ذروة الربيع للمرافق) (نهاية الأسبوع)

(ادارة طلب الطاقة - ٢)



شكل (٨-١٥) نمط التوليد

ذروة حمل يومي في الصيف / ذروة المرافق في الصيف

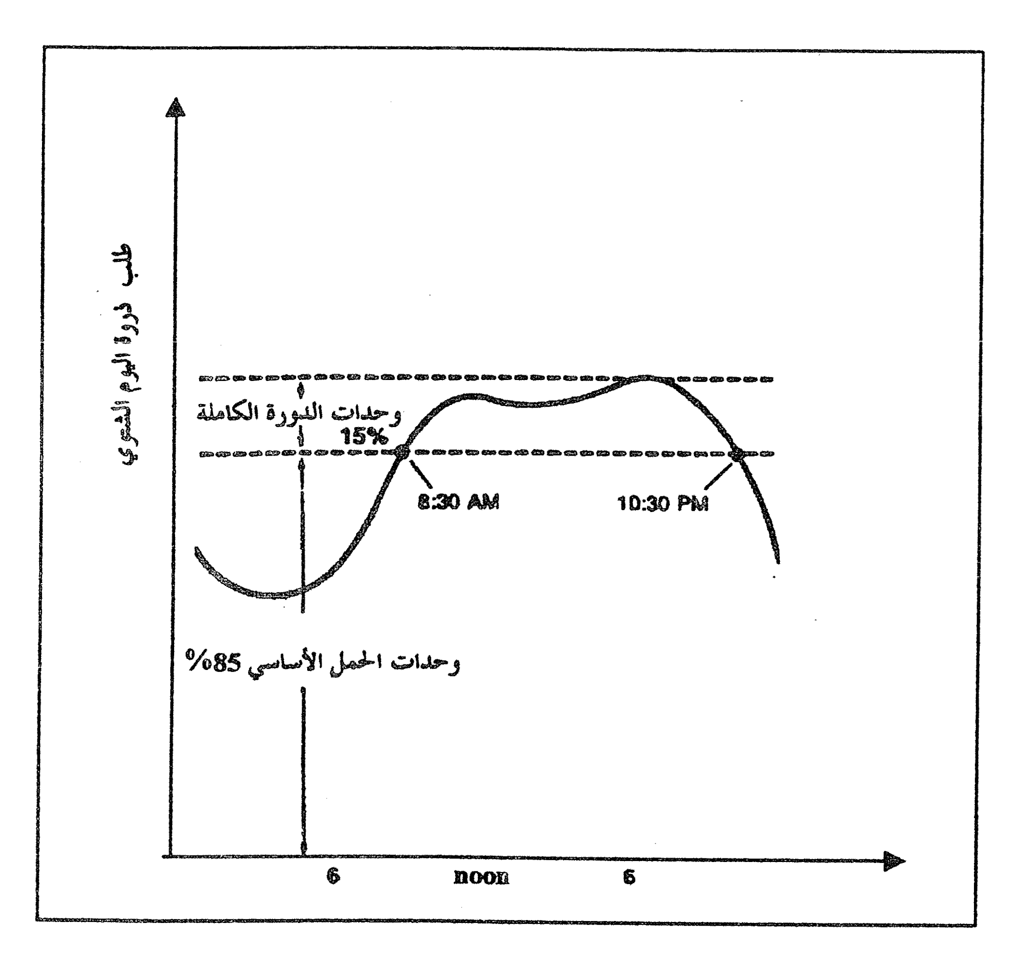
أما الفترة خارج أوقات الذروة تمثل تلك الساعات التى خلالها تحتاج فقط إلى وحدات الحمل الأساسية كالمبين بالرسم البيانى الذى يمتد من ١٢:٠٠ منتصف الليل حتى ٨:٠٠ صباحا .
وأثناء الساعات الأخرى ما بين الذروة و الخروج منها فهناك مزيج من وحدات الحمل الأساسية و الدورية تكون مطلوبة و هى تحدث فى وقتين من اليوم، أولا بين ٨:٠٠ صباحا و ١٢:٠٠ ظهر، ثانيا بين ٨:٠٠ مساء و ١٢:٠٠ منتصف الليل. وهذه الفترات التى تعرف بالفترات المتوسّطة.
ولتلخيص حدود معدل الفترات، فان النهار يقسم إلى ثلاثة أقسام كالتالى:
أعلى ذروة *(On - peak)* - ١٢:٠٠ ظهر إلى ٨:٠٠ مساء
المتوسّط *(Intermediate)* - ٨:٠٠ صباحا إلى ١٢:٠٠ ظهر و ٨:٠٠ مساء إلى منتصف الليل
فترة إنفراج *(Off - peak)* - ١٢:٠٠ منتصف الليل إلى ٨:٠٠ صباحا

إقتصاد وحدات التوليد

تحتاج أجهزة توليد الحمل الأساسى إلى أعلى أستثمار لرأسمال كل كيلو وات و لكنها لأقل تكاليف تشغيل بمعنى عكس مميزات وحدات الذروة . أن أقتصاديات الوحدات الدورية غالباً ما تقع بين الوحدتين السابقين و بسبب هذه المميزات لخصائص التكلفة الاساسية فأن التكلفة المتوسطة للكهرباء هى الأكبر أثناء ساعات الذروة و ذات معدل متوسط فى الفترة المتوسطة و الأقل تكاليف أثناء فترة الخروج من الذروة و درجة الفرق تختلف بشكل كبير من مرفق إلى أخر معتمدة على خصائص التحميل النوعى لمنطقة خدمة هذا المرفق و أقتصاديات المنطقة التى يخدمها.

فترات المعدل فى الشتاء مقارنة بالصيف

أن الميل لأختيار فترات المعدل *(rating periods)* تقوم على تحليل تحميل الصيف و التى يمكن أن تتغير أذا أجريت دراسة مماثلة لنماذج الأحمال خلال فصول أخرى من السنة.
شكل (٨-١٦) يوضح منحنى الحمل الشتائي لنفس المرفق الإفتراضي.و حيث أن التحميل الصيفى فى هذا المثال المفترض يكون أكثر بكثير من تحميل الشتاء فان استثمار المرفق يكون فى بناء محطات جديدة تتوقف على مواجهة هذه الذروة الصيفية .
ويتبع هذا أن أجهزة الحمل الأساسي سوف توافق النسبة الأكبر من الذروة الشتوية حيث أن هذة الذروة أقل كثيرا من مستوى الذروة الصيفية . أذا أفترض أن ٨٥% من الذروة الشتائية من الممكن أن تحمل على وحدات التحميل الأساسى فأن رسم خط عند مستوى ٨٥% يوضح السعة الزائدة التى قد تحتاج أثناء الفترة من ٨,٣٠ صباحا إلى ١٠,٣٠ مساءا . لاحظ أن هذة الفترة تقابل بشكل كبير نقط الفترات من ٨,٠ صباحا إلى ١٢,٠ منتصف الليل و هى النقط المختارة لفترة الصيف ولكن حيث أن ١٥% فقط سعة زائدة



شكل (٨-١٦) نمط التوليد

ذروة حمل يومي شتوي / ذروة الموافق في الشتاء

تحتاج عن السعة التى يمكن تقديمها بواسطة وحدات التحميل الاساسية فأنه لن يكون هناك أحتياج للأقتراب من وحدات الذروة أثناء فترة الشتاء.

تطلّب الحكم المحترف

من الوجهه العملية فأن تعريف فترات المعدل نسبة لوقت الأستعمال لابد أن تتضمن كم كبير من الحكم المحترف و يعرض توجيه أساسي في عملية التصميم، لكن القرارات يجب أن تتّخذ على أساس العوامل الإضافية. فعلى سبيل المثال، يجب أن يتّخذ قرار بالنسبة إلى عدد تقدير فترات الاستعمال، وأكثر أوقات نسب الإستعمال مستندة على تقسيم اليوم إلى إثنان أو ثلاث فترات، بالرغم من أنه لايوجد سبب نظري يوضح لماذا لا يستخدم عدد أكبر من الفترات.

فأن إختيار تقدير الفترات لفصل واحد من السنة قد لا يكون قابل للتطبيق إلى آخر بدون تعديل أو حذف. في أكثر الحالات، أيام السّبت، أيام الأحد، العطلات لابد أن يحدد أسعارها بصفة مستقلة على أساس أقل نتيجة انخفاض معدلات أستعمال الكهرباء فى هذة الأيام.

هدفان أساسين

المعدل وقت الإستعمال هدفان رئيسيان. الهدف الاول هو خلق إرتباط أقرب بين التكلفة والسعر للمستهلك على حدى من أستعمال التعريفات التى لا تعترف بوقت الإستعمال. الهدف الثاني هو تشجيع الترشيد وإقناع المشتركين لتغيير أنماط الإستعمال التي تحسّن نمط الحمل العامّ ويخفض حمل الذروة لناتج معطى من الطاقة. إن أنتقال الحمل من وقت الذروة إلى وقت الخروج من الذروة لايفيد فقط المستهلكين و لكن يضمن فائدة مستهلكين أخرين لتحسين معامل التحميل لطبقة الاعمال بصفة عامة والانخفاض الناتج فى الذروة سوف يقلل من الأحتياج لوضع وحدات تشغيل أضافية ذات سعر عالى و لتجنب المشاكل المكانيكية و التكليفية لمعدل تصميم نسبة وقت الأستعمال . ولابد من توجيه اهتمام خاص لتأثير مستوى الأسعار الموضوع بحيث أن أنتقال الحمل و ترشيد الاستهلاك سوف ينعكس على التصميم النهائى ولكنه ليس فى الأمكان وضع حافز فى صورة معدلات بدون تقليل السعر أقل من السعر الحقيقى ، على سبيل المثال عند أستعمال الكهرباء فى الطرق التصنيعية فأن تخفيض ثمن تقديم الخدمة الكهربائية سوف لا يخدم العملية كحافز أذا أستطاع المّصنع أن يستخدم وقود بديل للقيام بنفس المهمة بسعر أقل.

ردّ المشترك لتقدير التصميم

أن الدرجة التى يستجيب بها المشترك لتغير ما فى سعر الكهرباء هى ببساطة مقياس إلى مدى أستعمال المستهلك عندما يرتفع السعر و إلى أى مدى يرتفع استعماله وعندما ينخفض سعر الكهرباء كوقود أساسى فى المنزل حيث أنه لا يتأثر بتغير السعر بدرجة كبيرة ، أذا

وضعنا فى الأعتبار الخدمات الأساسية فهى تعتبر لها مرونة كبيرة فى السعر و درجة المرونة تعتمد على الخدمة المتضمنة فالمستهلك نادراً ما يفصل الثلاجات لتوفير المال ولكن قد يوقف أستعمال مكيفات الهواء فى الأوقات المعتدلة من الصيف ليوفر و هذه المرونة السعرية فى خدمة الكهرباء من الصعوبة أن تقاس على الرغم من الأبحاث الكثيرة التى تمت فى هذا الحقل

فى الممارسة التنظيمية فأن من المسلم به أن المرونة السعرية متواجدة و لكن عدم أمكانية قياس هذة المرونة بدقة يجعل الأمر صعب لحساب ترشيد الطاقة و تقليل الاحمال و أى تغيير فى أستعمال المرفق الذى قد يحدث بعد عمل معدلات الأستعمال سوف يوضع فى الأعتبار لانه يمثل مشكلة لمنظمين المرافق المختلفة كما توجد مشاكل مماثلة و تتعرض لقدر كبير من الأبحاث هذه الأيام .

تضمين تسعير حمل الذروة

أن تسعير حمل الذروة هو في أغلب الأحيان ما يستعمل فى مناقشة نسبة تصميم الأستعمال بطريقة متزامنة ،. تسعير حمل الذروة يعنى المفهوم الأساسي لخدمة مرفق المحطة المركزية. وتكلفة الخدمة تضع فى المقام الأول إلتزام المرفق بتجهيز تلك القمة. وهذا التعبير يقلل من الأهمية الإقتصادية لمفهوم الطلب على الذروة سواء هي في مستوى النظام، أو في مستوى المستهلك ، وفي كل مستوى، فأن متطلب حمل الذروة عامل يخضع للوقت الذى يحدث فيه و التناقض فى الأحمال مع ملاحظة عامل هام وهو الاسس الأقتصادية التى يتركز عليها نموذج المعدلات للمرفق المذكور .

٧ - بحث الحمل (*Load research*)

الحاجة للمعرفة

تعرف الهندسة الأحصائية بحث الحمل بأنه : معرفة المستهلكين كيفية استعمال الخدمة التي يزودها المرفق.
عرّفت ونوقشت (الكيلو وات ساعة ، وكيلووات ، عامل الحمل ، ووقت الاستعمال) في الفصول السابقة نظرا لأنهم الأبعاد الرئيسية للمنتج الذي يؤثث المرفق ويجب أن يعرف حجم الحمل في التعابير العددية لكي تصمّم وتشغّل النظام الكهربائي، وأخيرا، لتزويد مصمم النسبة بالمعلومات الذى يحتاجها لوضع السعر على المنتج.

متطلبات حمل

تجهز الشركة الكهربائية خدمة إلى كلّ مشتركيها الذين يستهلكون الكهرباء بأي وقت . لذلك، صنف النظام العديد من الانماط المختلفة : بعض مجموعات المشتركين لها خصائص مشابهة؛ الآخرون ليس لهم خصائص متشابهه. المتطلبات المتكاملة تعكس الأبعاد المؤسسة بالآلاف أو ملايين المستهلكين.
كما نوقش تقسيم المشتركين لأغراض بحث الحمل إلي ثلاثة أصناف رئيسية:

١. منزلى
٢. تجاري صغير
٣. تجاري كبير

متطلبات صنف الحمل

ضمن كلّ هذه المجموعات، هناك نمط تشابه من الأستعمال في كافة أنحاء المجموعة من أصغر إلى الأكبر. على أية حال، بين الأصناف، أنماط الحمل الأساسية متباينة نسبيا، وهي لهذا السبب تجد جداول النسبة المنفصلة ملائمة.
المرفق يجب أن يقرّر ليس فقط أنماط إستعمال المشتركين الفرديين لكن أيضا النمط المشترك المستعمل لكلّ المشتركين على أساس ساعة بساعة. فيجب أن يقيس تفاعل بين المستهلكين الفرديين، ويقيّم التنويع الموجود بينهم بسبب الإختلافات في وقت الإستعمال الأقصى للخدمة.

برامج بحث الحمل المنتظمة

أن تركيب أجهزة القياس الخاصّة لأغراض بحث الحمل في كلّ موقع للمشترك. ليس أقتصاديا وقد مثلت هذه المقاييس أحصائياً على عيّنة من المستهلكين.وقد تم إختبار الحمل الشامل على أصناف مثل المنازل و المحلات التجارية. وقد وجد أن عدد المشتركين في هذه المجموعات بالآلاف. ومن ناحية أخرى ، لاكثر المرافق وجد أن المجموعة الصناعية المختبرة قد تكون متكوّنة من بضعة مائة من المشتركين. وتتبنى المرافق برامج بحث

الحمل المنتظمة على نحو متزايد، ويكون التدقيق فى أحمال المنازل و المحلات التجارية بالتناوب على قاعدة تكرارية وأصناف خاصة أخرى حسب الحاجة.

إختبارات الصنف الدورية

عموما على أى حال فإن كل الاصناف يجب أن تكون مختبرة الحمل وهذا يستلزم عدد كبير من العدادات الخاصة وتعتبر غالية جدا من ناحية الإستثمار الرأسمالي ومعالجة التكلفة. ولاتتغير خصائص نوع حمل الصنف بشكل سريع من السنة إلى السنة، فالتكلفة الإضافية للإختبار لكل الأصناف قد لا تبرر النفقة الإضافية.كما يجب تحديد أخذ عينات المجموعة للحمل المنزلى.

يوضح جدول (٨-٧) اختبارات البحث لمجموعات حمل منزلى .

جدول (٨-٧) بحث الإختبارات

المجموعة الأولى من صفر إلى ١٠٠ كيلو وات ساعة / شهر
المجموعة الثانية ١٠١ إلى ٢٥٠ كيلو وات ساعة / شهر
المجموعة الثالثة ٢٥١ إلى ٥٠٠ كيلو وات ساعة / شهر
المجموعة الرابعة ٥٠١ إلى ٨٠٠ كيلو وات ساعة / شهر
المجموعة الخامسة ٨٠١ إلى ١٢٠٠ كيلو وات ساعة / شهر
المجموعة السادسة ١٢٠١ إلى ١٨٠٠ كيلو وات ساعة / شهر
المجموعة السابعة ١٨٠١ إلى ٢٥٠٠ كيلو وات ساعة / شهر
المجموعة الثامنة ٢٥٠١ إلى ٣٥٠٠ كيلو وات ساعة / شهر
المجموعة التاسعة ٣٥٠١ إلى ٥٠٠٠ كيلو وات ساعة / شهر
المجموعة العاشرة ٥٠٠١ كيلو وات ساعة / شهر (واعلى)

الملاحظة : تم أختيار المجموعة الأخيرة من العينة والحدود المعينة لكل مجموعة اعتمادا على التوزيع الإحصائي أو حجم مشتركى كل مرفق على حده وعلى الدقة الإحصائية التى تطلبت ذلك.

ويستلزم بحث الحمل عينة إحصائية وقد تستلزم عينة من ٥٠٠ مشترك لإختبار صنف الحمل الوحيد الذي يتم أجراءه لمدة سنة أو أطول وتكون التكلفة المركبة لأجهزة القياس الخاصة فى حدود ١٠٠٠دولار لكل تركيب بالأضافة إلى النسبة الثابتة، كما أن هناك نفقات تشغيل أساسية لمجموعة البيانات، والتشغيل على الحاسب والتحليل التقني.

المثال الإفتراضي — الأفتراضات

في السنوات الأخيرة، أصبح التقدم التكنولوجى فى بحث الحمل يتقدم بسرعة كبيرة نتيجة تقنيات اليوم المتطورة و المعقدة كهربائيا من ناحية طرق معالجة البيانات. وعلى الرغم من هذا التعقيد في التطبيق، فإن كل هذه البرامج تكون بسيطة في المفهوم. ويبين المثال الإفتراضي التالي المبدأ. إفترض ذلك:

١ . تم اختيار عيّنة من ٥٠٠ مشترك بالطريقة الإحصائية لتمثيل مشتركى القطاع المنزلى التى خدمت بالمرفق.
٢ .تتضمن تلك العيّنة، عشر مجموعات لتمثيل الزيادة فى حجم المشتركين، من الأصغر حجم، إلى الأكبر حجم مع عيّنة بـ٥٠ مشترك في كلّ مجموعة ثانوية في الترتيب موضحة في الجدول (٨-٧) .
٣ . العدادات مركّبة لكلّ مشترك وتقيس استهلاك الكيلو وات ساعة وتسجلّ بأستمرار الطلب على الحمل بالكيلو وات لذلك المشترك.
٤ . تجرى الأختبارات لمدة سنة واحدة على الأقل.

أهداف أختبار الحمل

أهداف الحمل تحدد برامج الآتى:
١ . تسجيلّ إستهلاك الكيلو وات ساعة بمحاسبة الشهور وبتقدير الفترات ضمن شهر المحاسبة، في بعض الحالات.
٢ . أختلاف تسجيل الحمل ساعة بساعة لكل مشترك.
٣ . تأسيّس الطلب على الحمل الأقصى لكلّ مشترك.
٤ . تأسيّس الطلب على الحمل الأقصى من قبل المشتركين أثناء بعض فترات الإهتمام التقني المعيّن، كأثناء ساعات الذروة نظام اليوم أو الفصل من السنة.
٥ . تأسيّس الطلب على الحمل الأقصى من قبل مشتركى كلّ مجموعة مهما كان التوقيت التي قد تحدث فيها.
٦ . تأسيّس الطلب على الحمل الأقصى من قبل مشتركى كلّ مجموعة أثناء بعض فترات الإهتمام التقني المعيّن.

القيم المنحرفة عن بيانات الإختبار

بالأضافة إلى المقاييس المباشرة للكيلو وات ساعة والكيلو وات، فانه توجد قيم هامّة أخرى محسوبة من النتائج. بعض هذه القيم كالتّالي:
١ . إنّ العلاقة محققة بين طلب الكيلو وات الأقصى لكلّ المشتركين والجمع الحسابي لكل طلبات الأحمال القصوى للمشتركين على حدى بغض النظر عن الوقت الذي يحدث فية. (هذه العلاقة تعيّن العامل المتوافق وفي أغلب الأحيان تكون هامة جدا فى نتائج بحث الحمل. " عامل الأنحراف " *(diversity factor)* يشير إلى نفس العلاقة، يمكن حسابه من العلاقة : $D.F=1/C.F$
٢ . إنّ علاقات التوافق و الأنحراف بين مجموعات عيّنة المشتركين متشابهة التصميم في مادة واحدة لهذه النسب ضمن كلّ مجموعة.

جدولة الحاسوب الأساسية

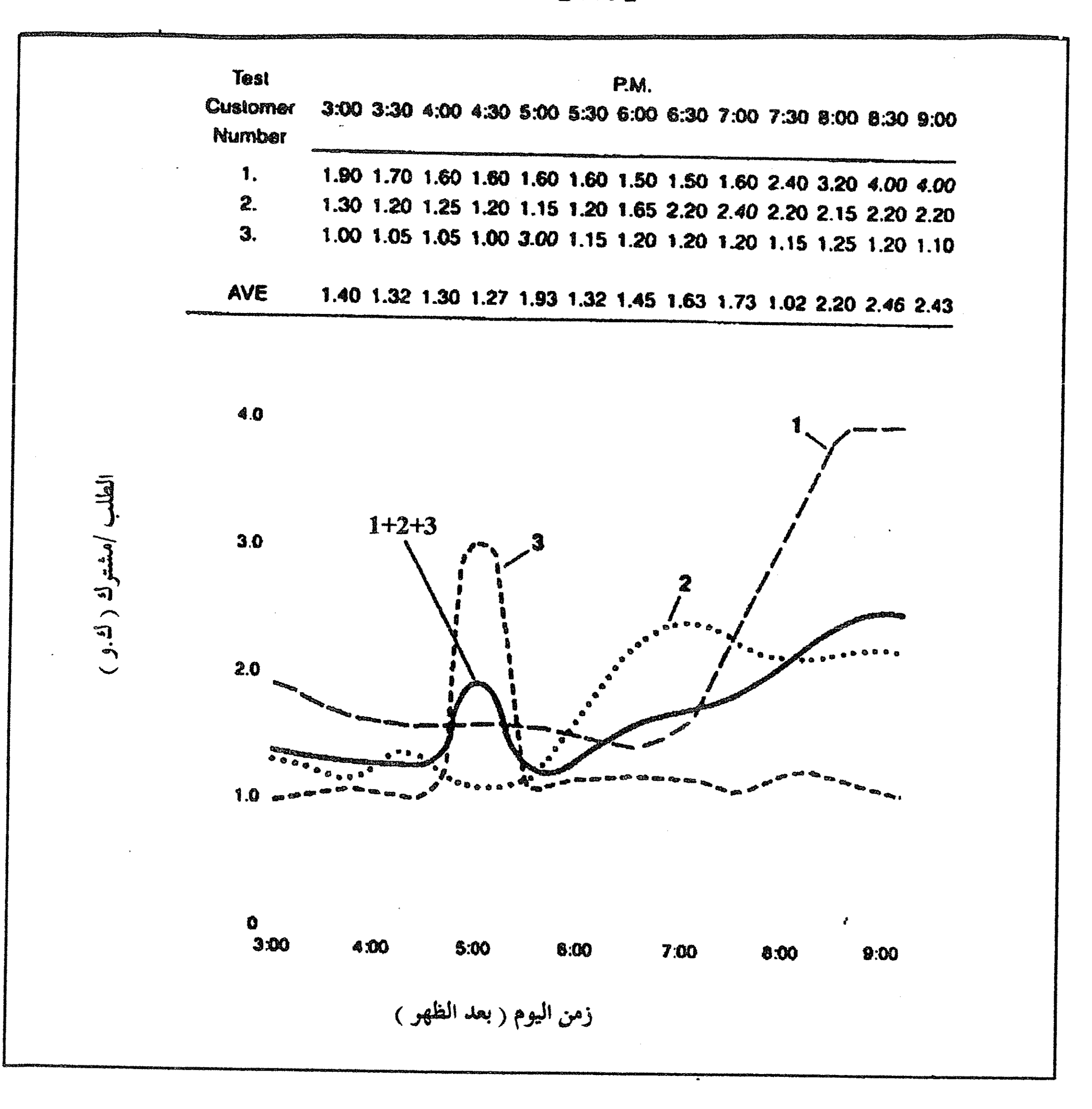
من المهم الإعتراف بكم حجم الأرقام التى تتضمّن فى بحث الحمل. إذا سجلت قراءة الحمل لكلّ فترة نصف ساعة على مدى ٤٨ قراءة لكلّ مشترك على أساس يومي. تعتبر المجموعة المكونة من ٥٠ مشترك، عيّنة مثالية، وهذا يصبح ٢٤٠٠ حالة باليوم، ٧٢٠٠٠ حالة فى الشهر و ٨٧٦٠٠٠ حالة لفترة إختبار سنة واحدة. وتشمل الدراسة حمل القطاع المنزلى عشر أمثال هذا الإختبار ، أى أن ٨٧٦٠٠٠٠ حالة ويكون التطبيق الكامل للتشغيل على الحاسب لمدة عدة سنوات لمعالجة هذا الحجم الهائل للمعلومات

تفاصيل القيم المجدولة

يتضح من التسجيل الإبتدائي لنتائج الإختبار. فائدة هذه المعلومات؟ جدول (٨-٨) ، والرسم البياني المتضمّن فيه، سيوضح المبدأ الأساسي .
يوضح هذا الجدول البيانات اليومية لساعات العصر والمساء من ٣:٠٠ مساء إلى ٩:٠٠ مساء ولا تتضمن القيم الإفتراضية للطلب في الكيلو وات عدد٣ من الـ ٥٠ مشترك المختبرين ويتم حساب المتوسط لكلّ نصف ساعة ويوضح الرسم البيانى أسلوب طلب المشتركين للخدمة وبالتالى يسهل تدعيم تلك المتطلبات.

قيم إنتراجروب *(Intragroup values)*

بالإشارة إلى الشكل، وقت الذروة لكلّ من المشتركين الثلاثة يحدث في ساعات مختلفة من اليوم. مشترك رقم (١) بلغ الذروة في ٨:٣٠ مساء، مشترك رقم (٢) بلغ الذروة في ٧:٠٠ مساء، مشترك رقم (٣) بلغ الذروة في ٥:٠٠ مساء وتكون الطلبات القصوى لليوم ٤,٠ كيلو وات و٢,٤كيلو وات، و ٣,٠ كيلو وات على التوالي.
تجمع طلبات المشتركين الفردية لكلّ فترة نصف ساعة كالمعروضة في الجدول (٨-٨) .
على سبيل المثال، كانت الطلبات الخاصة لكل مشترك رقم (١) ، (٢) ، (٣) خلال نصف ساعة هو ١,٩ كيلو وات و ١,٣كيلو وات و ١,٠٠ كيلو وات، على التوالى وكان الأجمالى ٤,٢٠ كيلو وات. وتم حساب معدل الطلب الساعة ٣:٠٠ مساء بنفس الطريقة لعدد أخر من المشتركين وبجمع الحد الأقصى لقيم الحالات الثلاث، الساعة ٨:٣٠ مساء أصبح يساوى ٢,٤٦ كيلو وات وقد بينت القيم المدمجة بالخط الاسود الثقيل على الشكل البيانى .
وكانت نتيجة هذا الإجراء هو أن الطلب المتتالى من المشتركين الثلاثة حدث معا الساعة ٨:٣٠ مساء وكان ٧,٤٠ كيلو وات، وهذا أقل من الطلبات القصوى الفردية للثلاث مشتركين.



Test Customer Number	3:00	3:30	4:00	4:30	5:00	5:30	6:00	6:30	7:00	7:30	8:00	8:30	9:00
	P.M.												
1.	1.90	1.70	1.60	1.60	1.60	1.60	1.50	1.50	1.60	2.40	3.20	*4.00*	*4.00*
2.	1.30	1.20	1.25	1.20	1.15	1.20	1.65	2.20	*2.40*	2.20	2.15	2.20	2.20
3.	1.00	1.05	1.05	1.00	*3.00*	1.15	1.20	1.20	1.20	1.15	1.25	1.20	1.10
AVE	1.40	1.32	1.30	1.27	1.93	1.32	1.45	1.63	1.73	1.02	2.20	2.46	2.43

جدول (٨-٨) مثال لجدول طلب المشتركين (ك.و)
المأخوذ من اختبارات أبحاث الأعمال

إذا نظرنا في الطلبات القصوى لكلّ مشترك بدون إعتبار لوقت الحادثة، يكون المجموع ٩,٤ كيلو وات = (٢,٤+٤,٠+٣,٠) كيلو وات أو مكافئ لـ ٣,١٣ كيلو وات كلّ واحد منهم .
يتضح مما سبق أن أقصى طلب لحظى للمشتركين الثلاثة. كان ٢,٤٦ كيلو وات لكلّ المشتركين وهذا يكافئ ٧٩%، من ٣,١٣كيلو وات .
تكمن أهمية هذه العلاقة فى كونها تخطط لمواجهة الطلب الأقصى اللحظى أو المتوافق لكلّ المشتركين. ولكنها غير مؤكدة لزيادة استثمار المرفق فى معدات التوليد وقد لوحظ أثناء وقت الإستعمال الأقصى بين المشتركين أن تكلفة الكهرباء للمشترك ضعف الحالى مرتين.
قد وجد في حالة الثلاثة المشتركين السابقة أن المتغيرات وثيقة الصلة إلى وقت الإستعمال التالي:

عامل التوافق = (أقصى حمل متوافق ٢,٤٦ كيلو وات) / (أقصى حمل غير متوافق ٣,١٣كيلو وات) = ٠,٧٩

عامل الأنحراف = (أقصى حمل غير متوافق ٣,١٣كيلو وات) / (أقصى حمل متوافق ٢,٤٦ كيلو وات) = ١,٢٧

وللتبسيط تم أختيار ثلاثة مشتركين فقط وحدّد الوقت بيوم واحد فقط كما تم أختيار ٥٠ مشترك وامتدت فترة الاختبار إلى عدّة شهور أو سنوات . وقد كانت القيمة العددية لعامل التوافق وعامل الأنحراف مختلفة . لمدة يوم كما تجاوزت طلبات المشتركين الثلاثة التى في المثال السابق، أما بالنسبة لطلبات الـ٤٧ المشترك الإضافية فإنها تستطيع أن تغيّر النتائج .

قيم إنترجروب

بعد أن قرّر الطلب المتوافق الأقصى في الكيلو وات لمجموعة إختبار ٥٠ مشترك ، يجب معرفة الطريق الذي يندمج نمطه مع مجموعات الإختبار الأخرى التسع و الذين سيعملون بالطريقة نفسها كما فعل المشتركين الفرديين حيث تقيّم مجموعة إختبار واحدة ضدّ أخرى.
وقد لايمثل مشتركين الإختبار الـ٥٠ في المجموعة الواحدة نفس النسبة المئوية لكلّ المشتركين في إستهلاكهم (كيلو وات ساعة) ويوجد معامل إضافي يجب أن يؤخذ فى الاعتبار مستند على إجراء أخذ العينات الأصلية ، ويجب أن يحدث قبل التوافق بين المجموعات المحسوبة.

منحنى مصنف الحمل من مجموعة

يتحدد عامل التوافق للأنترجروب من علاقة التوافق بين المشتركين الفرديين في مجموعة الاختبار وتعرف العلاقة بين مجموعات الإختبار بعامل توافق الأنتراجروب.
(Intragroup coincidence factor) .

عندما تحدد الإنتراجروب وقيمها و بيانات الطلب في الكيلو وات قد تضاف إلى منحنى الحمل الذي يمثّل كلّ المشتركين لنفس الصنف. يصبح نمط الحمل الفئوى مؤسس لتخصيص التكاليف والتى نوقشت سابقا فى كبرى الأعمال التجارية والصناعية ، ونحصل على بيانات البحث مباشرة بتركيب عدادات المحاسبة ويجب أن تندمج هذه البيانات مع البيانات الاحصائية لتطوير تركيب عدادات خاصة لاغراض بحث الحمل ، هذه البيانات يجب أن تندمج مع البيانات بشكل إحصائي لتطوير تركيب عدادات خاصّة لأغراض بحث الحمل.

٨- إدارة الحمل *(Load Management)*

مصادر تحسين الكفاءة *(Sources of efficiency improvement)*

يأتى أيّ تحسين للوظائف العامة لمرافق الكهرباء من أحد مصدرين. أولا، أنخفاض تكاليف التشغيل سواء بالعمل الإداري أو التقنية الفعلية المتزايدة للأجهزة. ثانيا، تحسين خصائص حمل المشتركين بواسطة مرفق الكهرباء حيث تظهر الأستفادة المادية لكلتا الأعمال الإدارية وتصميم النظام معا .

تخفض التكلفة بالمرفق بإنشاء منافع التكلفة من خلال تحسين خصائص الحمل، وخدمة القياس للمشتركين، والعمل المشترك بين المشتركين والمرفق. وقد ينتج ذلك من تركيب أدوات تحديد الحمل ، ومن تغيير متعمّد لأجراء تشغيل المشترك ، ومن تأثير حوافز تحسين الحمل حوّل تركيب نسبة بناء المرفق. ويوجه الاهتمام لتسعير إستعمال الكهرباء نحو تحسين عامل الحمل بالتخفيض في الطلب على الطاقة وقت الذروة.

طرق تحسين عامل الحمل

يتم تحسين عامل الحمل (زيادته) بطريقتين مختلفتين في تأثيرهم الإقتصادي. أولهما يتم بتخفيض الطلب على الطاقة لنظام الذروة بدون تغيير مطابق في عدد الكيلو وات ساعة للطاقة المنقولة. وتغييرات هذه الطبيعة تحدث على المشترك الذي يخفض الطلب على الطاقة أو يواصل نفس النشاطات، لكن يستطيع أن يغيّر وقت اليوم أو الفصل من السنة حيث تنفذ بعض العمليات. أى يمكن أن ترحل عملية التشغيل بعيدا عن وقت الذروة، وينخفض الطلب على الطاقة الكلي لكلّ المستهلكين بالرغم من أنّ نفس النشاطات الكليّة ليست مؤثرة. ويكون المفهوم الرئيسي لهذا النوع من التغيير هو وقت الاستعمال وتكون النتيجة النهائية أن ينخفض الإستثمار في المحطة والأجهزة الأخرى.

الطريقة الثانية لتحسين عامل الحمل هى زيادة الكيلو وات ساعة المنقولة بدون تغير في الطلب على الطاقة لنظام الذروة. وتنتج تغييرات هذه الطبيعة من الأستعمال الأقصى للوسائل المركبة أو بمعنى أخر زيادة الإستعمال أثناء أوقات الخروج من أوقات الذروة. هذا النوع من التغيير لا يخفض الإستثمار في المحطة لكن يجيز بيع الكيلو وات ساعة الاضافي عند التكلفة التزايدية للوقود. بينما يكون المرفق ليس له سيطرة مباشرة على أنماط إستعمال الخدمة من قبل مشتركيها.

تأثير معدل التحميل بعيدا عن فترة الذروة

قد أعطت العديد من المرافق معدل سعر أقل من أجل الخدمة الموردة أثناء ساعات التحميل بعيدا عن أوقات الذروة و التى عندها لا تعمل محطات التوليد بالطاقة القصوى. وقد كانت تستغل فترة التحميل بعيدا عن أوقات الذروة لتدفئة الماء بالكهرباء. ولهذا الغرض تجهز تعريفة الكهرباء خلال عداد منفصل وتتوفر فقط أثناء الساعات المعيّنة الموضحة بالنظام. ويقوم مفتاح التحكم المدارى *(Clock – controlled switch)* أو أداة توقيت

(Timing device) أخرى بفصل سخان الماء آليا في الأوقات الأخرى من اليوم. ويتم أختيار السخان بسعة الماء الضرورية والعزل الحراري الكافي لتجهيز الماء الساخن المخزن أثناء ساعات عدم التشغيل.

حوافز ترحيل الحمل *(Incentive for load shifting)*

يختلف معدل التحميل خارج أوقات الذروة لتدفئة الماء عن معدل وقت الإستعمال *(Time – of – use rate)* والسعر الأقل يكون عند التحميل خارج أوقات الذروة، و حافز السعر سيقنع المستهلكين بتحريك بعض الحمل من فترات الذروة إلى الفترات خارج أوقات الذروة. ويصور التحكم فى تدفئة الماء قدرنمط ثابت من الإستعمال. من الناحية الاخرى فإن معدل وقت الإستعمال ، يستخدم نفس التسعير الآلي، والمقصود به تغيير نمط بعض المستهلكين. وبذلك يحسّن خصائص نظام الحمل. بالزيادات المثيرة في تكلفة الوقود في السنوات الأخيرة، كان المشتركين قلقون بشأن التكلفة المتزايدة بشكل سريع للكهرباء. وقد يسيطر المشتركين على أحمالهم ويقللون سعر الفواتير إمّا بتخفيض إستعمالهم من الخدمة أو بتحويل وقت استعمال الكهرباء وذلك للمحافظة على الطاقة.
تتضمن إدارة الطلب على الطاقة التخفيض في إستهلاك الطاقة الكلية، والسيطرة على الحمل و تتحمّل (كيلو وات) في كلا المقدار والتوقيت. لكي يحدث هذا عمليا، يحتاج المستهلك لمراقبة الطلب على الطاقة المفروض على النظام في جميع الأوقات. وهذا ليس حلاً عمليا أن يوجد شخص ما يراقب الطلب على الطاقة بالعداد بشكل مستمر، وهنا تاتى فائدة الوسائل الميكانيكية أو الكهربائية .

أجهزة الوشائج *(Interlocking devices)*

هو جهاز يتم عن طريقه زرجنة أجهزة منزلية كثيرة بوسائل ميكانيكية بسيطة بغرض التحكم فى الحمل المنزلى . مثلا يمكن أن يزرجن فرن كهربى ومسخن مياه كهربى بحيث أن يعمل جهاز واحد منهما فقط فى وقت محدد.كما يمكن أن تعطى الاولوية للتشغيل للفرن الكهربى بحيث عندما يبدأ بالعمل لايسمح للسخان بالعمل فى نفس الوقت . بينما إذا كان السخان بالفعل فى حالة تشغيل فعند بدأ تشغيل الفرن الكهربى سيفصل سخان المياه ويتأخر تشغيله مرة أخرى حتى إنتهاء تشغيل الفرن .
من هذا المنطلق لتعريف نظم الزرجنة ، فإن هذا النظام يمكن استخدامه مع أغلب المعدات والاجهزة الكهربائية المستهلكة للكهرباء .

توقف الخدمة *(Interruption of service)*

فصل أو عزل أو توقف الخدمة عن عدد كبير من المشتركين على اساس فردى عشوائى يمكن أن يخفض الطلب على الطاقة للنظام العامّ وذلك بخلق تنويع إصطناعي في وقت الإستعمال. بينما هي ضرورية للتدفئة أو تبريد الأدوات للحاق بالخدمة متى كانت مجهزة ثانية ،والفائدة بأنّ كلّ المشتركين لا يحددون نقصهم للطاقة بالضبط اللحظى، و تجرى التجارب بالعديد من المرافق لاستعمال تقنية "التوقف العشوائى"

(random interrupting) لتخفيض الطلب على الطاقة لنظام التكييف للمستهلك المنزلى

إشارات الانذار

هناك بعض الأجهزة التي قد تساعد المشترك في خفض حمله. من اسهلها استعمال الأضواء المحذرة أو الأجراس المسموعة لكى تنذر المشترك بأن مستوى حمله وصل للنقطة المحدّدة مسبقا، و يستطيع المشترك بهذة المعلومات أن يخفض الطلب على الطاقة لضمان استمرارها والوصول إلى خفض فى قيمة الفاتورة . وقد أصبح متاحا حاليا أجهزة عالية التقنية والتى تنذر المشترك بأن الحمل وصل إلى مستوى الضبط *(set level)* بالاضافة إلى انه يمكنها فصل الكهرباء عن بعض الاجهزة . عند توافر نظام معدل وقت النهار *(Time – of - rate)* فأن الجهاز يقوم بانذار المستهلك ان اعلى سعر لساعات الذروة قد حدث.

أدوات توقّع الحمل

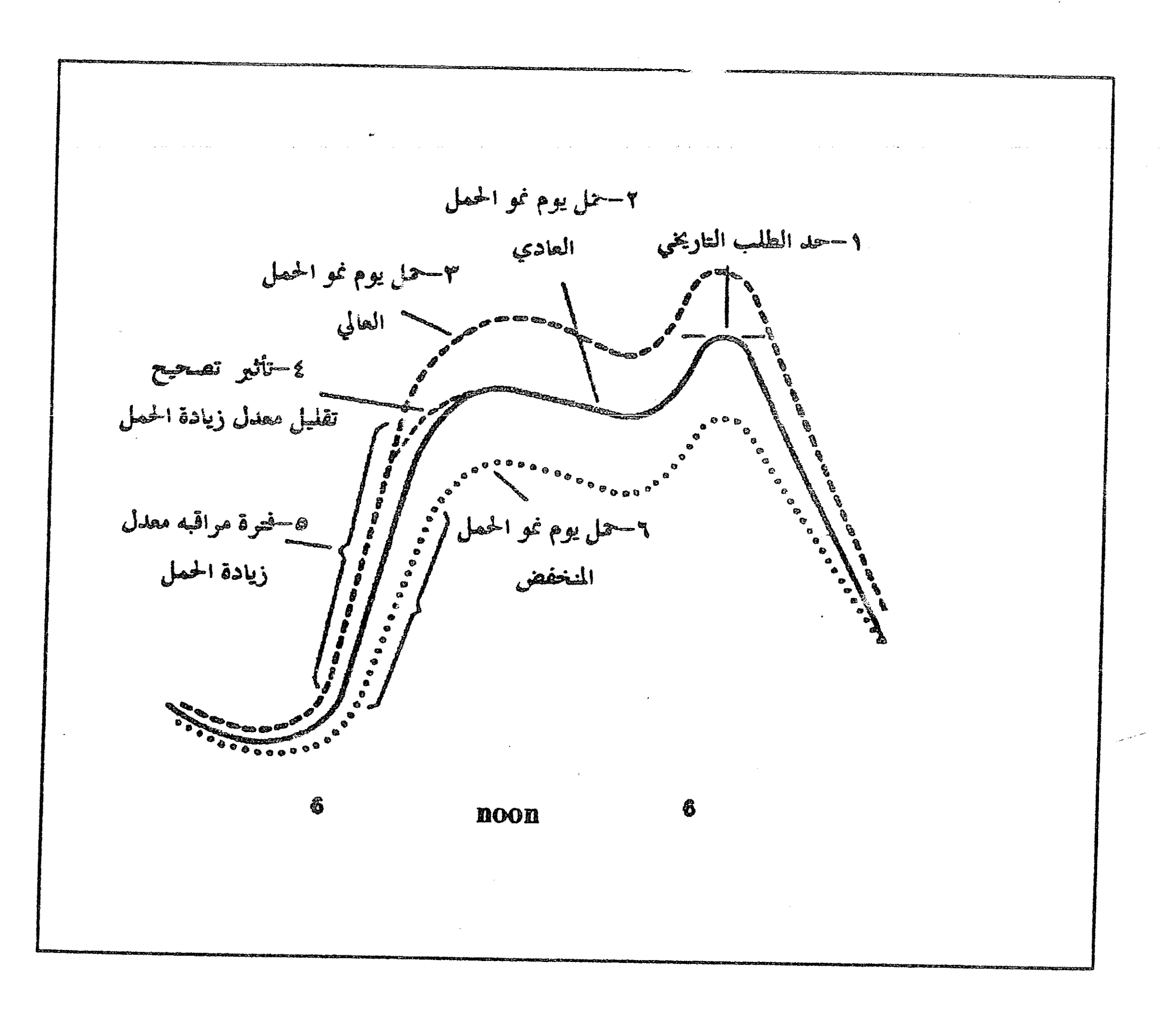
يبين الشكل رقم (٨-١٧) بعض مبادئ إدارة الحمل. لمنحنى حمل مشترك لمدة يوم من نمط الحمل الطبيعي. هذا المنحنى يصل قيمة الذروة في الساعة ٦:٣٠ مساء، و يفرض أنّ قيمة الذروة للطلبات على الطاقة للمشتركين ستستعمل في حساب الفاتورة الكهربائية. وسيقدر المستوى المتوقع للطلب على الطاقة فى وقت الذروة بمراجعة القيم الفعلية أساسا من قبل المستهلك في شهور المحاسبة المسبّقة. وبذلك تصبح الفواتير المستقبلية منخفضة بقدر الإمكان.

لتجنّب تجاوز قمّة المحاسبة السابقة، فإنه من الضروري مراقبة النسبة أو إرتفاع الحمل في الجزء السابق لليوم. وتتوفر الأجهزة الإلكترونية المتطوّرة لتعمل هذا وتقارن منحنى الحمل النامي بمعيار محدّد مسبقا. فإذا حدثت الزيادة المبكّرة في الحمل تحدث بنسبة سريعة جدا يتم عمل الإجراء التصحيحي مبكرا في اليوم لتجنّب تجاوز المستوى المطلوب للطلب على الطاقة.

ويكون الإجراء التصحيحي على شكل فصل أو عزل بعض الأجهزة أو الترحيل الكهربائي وقت التشغيل إلى ساعة أقل خطورة فى اليوم. وينشأ الحافز الإقتصادي لهذا العمل بالتعريفة وتصميم المعدل .

رصيد منفعة التكلفة

أكثر المشتركين المنزليين والمشتركين التجاريين ليس لديهم فواتير كهربائية تبرّر إنفاق الكميات الكبيرة جدا على أجهزة التحكم فى الحمل ذى الطبيعة المعقدة. على أية حال، يستطيع كبار المشتركين التجاريون والصناعيون أن يحدثوا توفير في أغلب الأحيان يبرّر استخدامهم أنظمة التحكم فى الحمل التى تكلف آلاف عديدة من الدولارات. يعتمد تبرير التكلفة على كم عدد العوامل الإقتصادية ويجب على الشركات الفردية أن تقيّم هذه العوامل عادة قبل أتخاذ قرار.



شكل (٨–١٧) مراحل ادارة الحمل

الخدمة القابلة للتوقف

قد يتعرض سعر الكهرباء إلى مستوى أقل من الخدمة . إذا وافق المشترك على إمداده بالكهرباء التي سوف يقوم المرفق بقطعها عند شروط التشغيل لنظام المرفق التى ترى انه من المستحسن عمل ذلك. و قد تكون القضية أثناء حمل النظام العالي بشكل غير عادي. فهو يعمل عادة خلال الأوامر المعيّنة من مركز التحكم الكهربائي للمرفق بموجب إتفاقيات خاصّة مقدمة.

٩ – فقرات التعديل

فقرات تعديل تكلفة الوقود

لعدّة سنوات، تضمنت أكثر المرافق في معدل استهلاكات القطاعات التجارية والصناعية الكبيرة بند لتغيير السعر لكلّ كيلو وات ساعة كما تغيّرت تكلفة الوقود. هذا يؤدى إلى تحديث فقرات لتعديل تكلفة تحريّك السعر أمّا أكبر أو أقل من معدل السعر الذى طبع بالجدول بإضافة أو طرح كمية صغيرة تنشأ عن التغيير في تكلفة الوقود. كما يذكر الجدول السعر الأساسي للوقود، وقد تم حساب التعديل عندما بعدت التكلفة الحقيقية عن السعر الأساسي،. وكان السعر الأساسي لعدد معطى من الوحدات الحرارية البريطانية *(Btu)*، مثلاً ٣٥ سنت لكلّ مليون *(Btu)* (وحدة الحرارة البريطانية). لفترة زمنية طويلة، تغيرت تكلفة الوقود بشكل سريع وتطلب سعر التعديلات بضعة كسور من الألف من السنت الواحد لكل كيلو وات ساعة. لذلك كان العديد من المشتركين غير مهتمين عندما كانت التكلفة الكلية لكل كيلو وات ساعة سنت واحد أو أثنين فقط.

تأثير أزمة الوقود

فى السبعينات غيرت أزمة الوقود الحالة بشكل جذري. فقد إرتفعت تكلفة الوقود للعديد من المرافق بحلول عام ١٩٨٢ من المستوى المعدل وهو ٣٥ سنت إلى ٢,٣٤دولار ، لكل مليون *Btu*، كانت التعديلات فى تكلفة الوقود ليست بسيطة للعديد من المستهلكين ولكنها كانت مكونات تكلفة رئيسية واجهت المرفق ومشتركيه. وقد أثرت سرعة التغيير الذي زاد عدة مرات فى تكلفة الوقود على فترة حوالي سنتان تأثيرا مثيرا وأصبحت تكلفة الوقود مادة أساسية للمصلحة العامة.

أفتراضات على سبيل المثال

يمكن أن يتضمن بند تعديل تكلفة الوقود على كفاءة نظام مرفق الكهرباء بالاضافة إلى سعر الوقود. لتحقيق ذلك يجب أن يؤخذ فى الاعتبار :

١. يفترض أن وسائل توليد المرفق تستلزم ١٠٠٠٠ *Btu* من الحرارة للوقود اللازم لإنتاج واحد كيلو وات ساعة طاقة.

٢. يفترض بأن أنظمة النقل وأنظمة التوزيع لهما كفاءة مشتركة ٩٠% ،كما توجد مفقودات كهربائية بين محطة الكهرباء والمستهلك يبلغان ١٠%. ، نتيجة التوليد.

٣. يفترض بأن التكلفة الأساسية للوقود كما هو منصوص عليه ١,٩دولار لكل مليون *Btu*.

٤. يفترض بأن التكلفة الحالية للوقود ٢,٠٠دولار لكل مليون Btu.

الحساب التوضيحى

أستنادا على تلك الافتراضات ، تم حساب تعديل تكلفة الوقود كما يلى:

يتطلب التوليد من ١٠,٠٠٠ Btu لإنتاج كيلو وات ساعة ، الوقود المحتوي على مليون Btu ينتج ١٠٠ كيلو وات ساعة.

١،٠٠٠,٠٠٠ Btu = ١٠٠ كيلو وات ساعة

١٠،٠٠٠ Btu لكلّ كيلو وات ساعة

التغيير في تكلفة الوقود لـ١،٠٠٠,٠٠٠ Btu سيزيد ١٠ سنت.

٢,٠٠دولار-١،٩٠دولار = ٠،١٠دولار

وعلى ذلك عشر سنتا زيادة فى تكلفة الوقود لإنتاج ١٠٠ كيلو وات ساعة، تؤدى إلى الزيادة في التكلفة لكلّ كيلو وات ساعة بعشر من السنت.

١٠ سنت = ٠,١٠ سنت لكل كيلو وات ساعة

١٠٠ كيلو وات ساعة

على أية حال، عشر السنت الزيادة لكلّ كيلو وات ساعة في محطة التوليد تغطى فقط تسعة أعشار من الكيلو وات ساعة الواحد في فاتورة المستهلك، بعد الأخذ في الحسبان الـ١٠% الخسائر الكهربائية في نظام النقل ونظام التوزيع.

٩٠% من ١ كيلو وات ساعة = ٠,٩ كيلو وات ساعة

لجمع الـ٠,١ سنت لكلّ ٠,٩ كيلو وات ساعة المباعة تتطلّب تجميع نسبة ٠,١١١١ سنتا لكلّ كيلو وات ساعة تضاف على فاتورة المشترك:

٠,١ سنت = ٠,١١١ سنت/ كيلو وات ساعة

٠,٩ (كفاءة)

في هذه الحاله، يكون تعديل عامل الوقود كالتّالي:

ستزداد أو تنقص التكلفة لكلّ كيلو وات ساعة بكمية تساوي الإختلاف بين التكلفة الحالية للوقود وتكلفة أساسية ١٩٠ سنت لكلّ مليون Btu قد ضاعف بالعامل ٠,٠١١١١.

(٢٠٠-١٩٠) × ٠,٠١١١١= +٠,١١١ سنت لكل كيلو وات ساعة

إذا كان منصوص على ان المعدل ٣,٠ سنت كيلو وات ساعة ، سيضاف هذا العامل إلى فاتورة المشترك و سوف تصبح ٣,١١١١ سنت كيلو وات ساعة لكل شهر محاسبة.

هذا المثال يوضح سهولة تعديل تكلفة الوقود. يفترض أنّ الكهرباء تولد بإحتراق الوقود ولا يعطي أيّ إعتبار معيّن للطاقة المرسلة أو الطاقة من المصادر الكهرومائية. ولا يتضمّن أيّ إعتبار للطاقة المرسلة أو المستقبلية خلال الربط بالمرافق الأخرى (مرافق الكهرباء). تضمين هذه العوامل تزيد من تعقيد عملية التعديل، ومن المصاعب التي تواجه المرافق مزج تكلفة الوقود بالنفقات ولذلك، فالزيادات الكبيرة أوائل السبعينات أجبرت المرافق لإعادة فحص فقرات التسعير الموجودة بعناية لدراسة الزيادات في تكلفة الوقود. ولم تنجو شركات المرافق العامة من تأثير تلك الأزمة إذا أن بنود تكلفه الوقود لم تكن موجودة في تراكيب تعريفتهم الرئيسية.

اليوم، تتضمن أغلبية جداول معدل التسعيرة مثل هذا البند وقد أمتد مفهوم تعديل إختلاف التكلفة إلى المناطق الهامة الأخرى. وأصبح مطلوب تقديم العديد من التعديلات إلى اللجنة لجميع أوقات التغيير.

التنبؤ بتكلفة الوقود

تتصاعد التكلفة بشكل سريع ، فى الجو الاقتصادى ولذلك، فإن العديد من فقرات التعديل تضيف بند للتنبأ بتكلفة الوقود قبل شهر المحاسبة، وعندما تحدد التكلفة الحقيقية فإنه يمكن التنبأ لشهور لاحقة. وبالتالى تطوير عمل الإجراءات المختلفة .

وانه لمن الضرورى تعديل هذه الأجراءات لان تكلفة الوقود في عام ١٩٨٢ كانت أكثر من ٤٤% من تكلفة تشغيل المرفق.

١٠ - معدلات جداول المعدل *Rate Schedule modifiers*

عرض تغطية التعريفة

تغطى الجداول التى صممت لتغطية بيع الكهرباء إلى المستهلك تشكيلة واسعة من التطبيقات المنزلية، مثل الإضاءة، التبريد، المطابخ، الراديو، التليفزيون، وتشكيلة من الأجهزة. ولكنها لاتتضمن التطبيقات واسعة النطاق مثل تدفئة الماء والتدفئة المركزية. التكييف، و يعتبر هذا أكبر أستخدام للخدمة،و خاصة للمناطق السكنية .
تختلف الأحمال الكبيرة ليس فى الحجم فقط و لكن أيضا في خصائص الحمل والاستعمالات المحلية الأخرى من الكهرباء. و لذلك فإنها تؤثر على شكل الحمل الكلي وخصائصه و بذلك يختلف سعر الكيلو وات ساعة عن المبين في الجدول الأساسي.

مفهوم الاستخدام النهائى

الطريقة المثلى لاستعمال الكهرباء لغرض معين هى أن تحسب بطريقة "استخدام نهائي" *(end - use)* في الجدول و يستخدم لذلك عداد كهربائي منفصل. ومعنى الاستخدام النهائي ببساطة هو استعمال المستهلك للخدمة ، و من أمثلة ذلك التدفئة بالماء أو التدفئة المركزية. وفي العديد من الحالات يضاف بند "الاستخدام النهائي" فى أخر جدول الخدمة المطلوبة.

كتل الاستخدام النهائي الثابتة *(Fixed end – use blocks)*

تعتبر تكلفة عداد منفصل ليست إقتصاديه، للحالات الخاصة كما في حالة تدفئة الماء، لذا دخلت كتلة "ثابتة" *(Fixed)* أو "عائمة" *(Floating)* على جدول المعدل بطريقه غير آليه.
إدخال كتلة ثابتة مساوية ٥٠٠ كيلو وات ساعة لتدفئة الماء سوف تجعل بداية الجدول من ٣٠٠ كيلو وات ساعة و تصل إلى ٨٠٠ كيلو وات ساعة . تزيد الطاقة من ٣٠٠ كيلو وات ساعة إلى ٨٠٠ كيلو وات ساعة حسب معدل الجدول و بذلك أضافة معدل الأستهلاك بين المدى ٣٠٠-٨٠٠ كيلو وات ساعة على الفاتورة يكافىء تكلفه تدفئة الماء .
تبين الطريقة، بأنّ مثل هذه الكتلة الثابتة سعّرت ٤,٠ سنت / كيلو وات ساعة و أضيفت النسبة الإفتراضية" المتطورة كما ذكر سابقا.

الأول	الـ٥٠ كيلو وات ساعة	١٦ سنت/ ك.و.ساعة
التالى	الـ٥٠ كيلو وات ساعة	٨,٥ سنت/ ك.و.ساعة
التالى	الـ٢٠٠ كيلو وات ساعة	٧,٥ سنت/ ك.و.ساعة
التالى	الـ٥٠٠ كيلو وات ساعة	٦,٦ سنت/ ك.و.ساعة
أزيد من ٨٠٠ كيلو وات ساعة		٦ سنت/ ك.و.ساعة

الحد الأدنى للفاتورة ٨,٠٠$ بالشّهر.
بإضافة المعدل تصبح كالتالي:

الأول	الـ٥٠ كيلو وات ساعة	١٦ سنت/ ك.و.ساعة

التالى	الـ ٥٠ كيلو وات ساعة	٨,٥ سنت/ ك.و.ساعة
التالى	الـ ٢٠٠ كيلو وات ساعة	٧,٥ سنت/ ك.و.ساعة
التالى	الـ ٥٠٠ كيلو وات ساعة	٤,٠ سنت/ ك.و.ساعة
التالى	الـ ٥٠٠ كيلو وات ساعة	٦,٦ سنت/ ك.و.ساعة
أكثر من	١٣٠٠ كيلو وات ساعة	٦,٠ سنت/ ك.و.ساعة

تدخل كتلة تدفئة الماء فى جدول المعدل للمحاسبة سوف تجعل المعدل المنتظم بدل من ٨٠٠ كيلو وات ساعة فى الشهر يصل إلى ١٣٠٠ كيلو وات ساعة.و يوضح شكل رقم (٨-١٨) هذه العملية بشكل تخطيطي.

كتل الاستخدام النهائي العائمة (Floating end – use blocks)

إضافة استهلاك تدفئة الماء في جدول الاستهلاك المنزلي قد يأخذ شكل مختلف بإضافة كتلة عائمة بدلا من كتلة ثابتة والكتلة العائمة تضاف على أنها أخر ٥٠٠ كيلو وات ساعة من الطاقة المستهلكة شهريا. على حسب معدل تدفئة الماء. تضاف إلى الفاتورة فى الاستهلاك الأعلى من ٣٠٠ كيلو وات ساعة بالشّهر تحت المعدل المنتظم. وتعرض الدرجة الثالثة من رقم الشكل (٨-١٨) تأثير الكتلة العائمة.

النسبة المئوية من نظرة الاستعمال

هناك طريقة آخرى تفترض أن تدفئة الماء كنسبة مئوية من الاستهلاك. على سبيل المثال، فأن نسبة تدفئة الماء تضاف إلى الاستهلاك الأعلى من ٣٠٠ كيلو وات ساعة على أنها نسبة٧٠% من الاستهلاك الشهري ، لكن أيضا لا يجب أن تطبق على الأكثر من ٥٠٠ كيلو وات ساعة لاستعمال تدفئة الماء المفترض. هذه الطريقة تستعمل لمشترك يأخذ ١٥٠٠ كيلو وات ساعة بالشّهر.

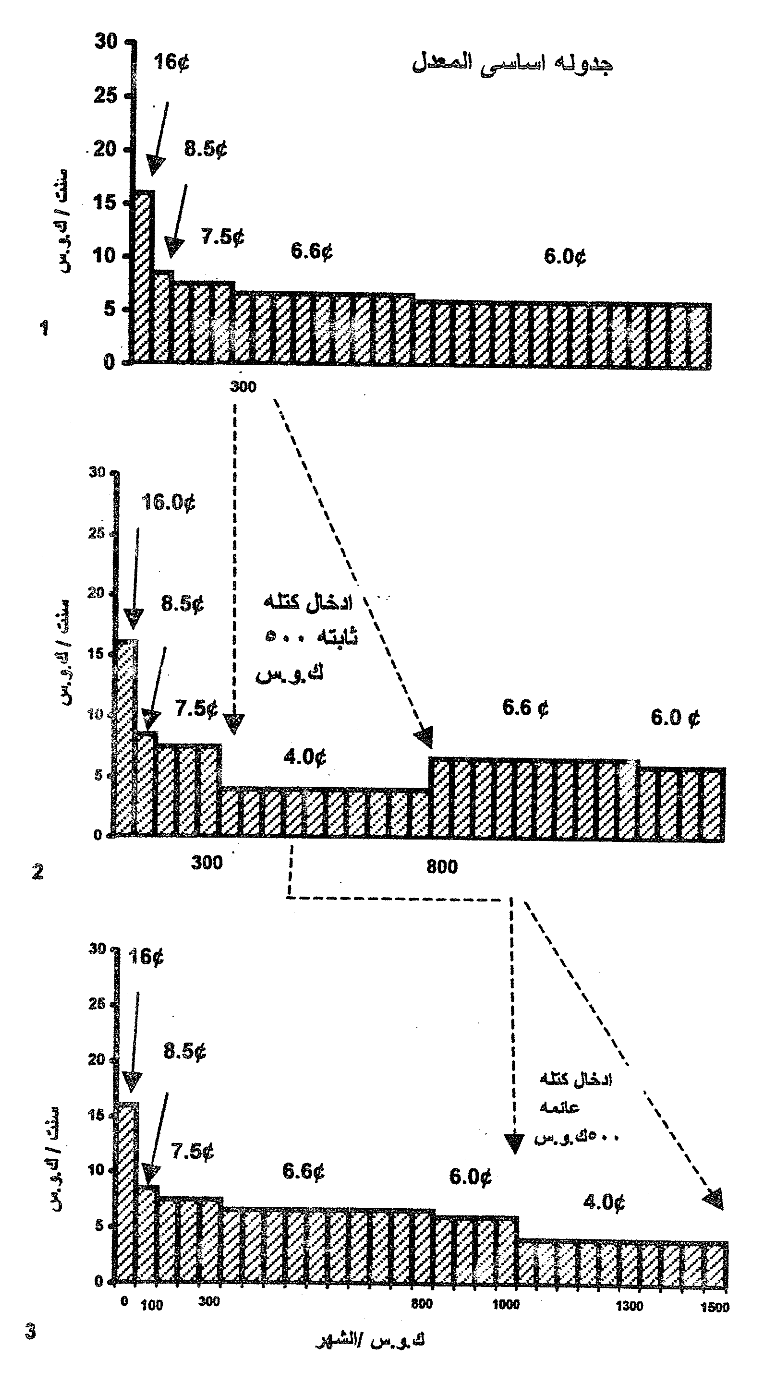
بإستهلاك شهري ١٥٠٠ كيلو وات ساعة ، يكون المشترك زاد بـ ١٢٠٠ كيلو وات ساعة عن الحدّ الأدنى ٣٠٠ كيلو وات ساعة. بموجب الجدول، ٧٠% تساوى ٨٤٠ كيلو وات ساعة. ولا يعطى المعدل أيّ تسعير خاصّ فى حالة استعمال تدفئة الماء للأكثر من ٥٠٠ كيلو وات ساعة. ووفقا لذلك، يحاسب على ٥٠٠ كيلو وات ساعة بسعّر خاص.

إذا كان الإستهلاك الشهري الكليّ ١٠١٤ كيلو وات ساعة ، يقابلها زيادة ٧١٤ كيلو وات ساعة ، و٧٠% ستكون ٥٠٠ كيلو وات ساعة. أما أذا كان الإستهلاك الشهري الكليّ ٨٧٢ كيلو وات ساعة. فتقابلها زيادة ٥٧٢ كيلو وات ساعة و٧٠% تصبح ٤٠٠ كيلو وات ساعة. في تلك الحالة، فقط سيحاسب ٤٠٠ كيلو وات ساعة لمعدل تدفئة الماء.

ويوضح شكل (٨-١٩) أدخال كتلة متغيرة .

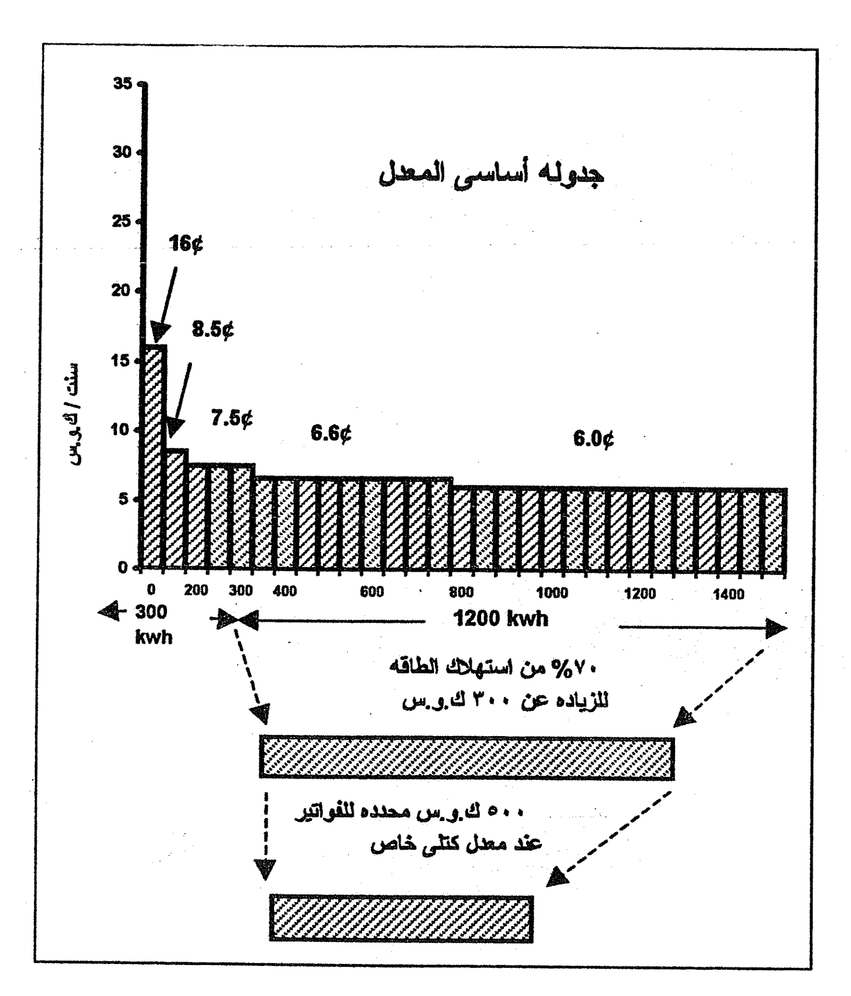
فاصل التيار

يحد فاصل التيار الآلي من استعمال الكتلة المتأخرة لمعدل كتلة الطاقة المنحدرة. وهى بند من بنود الجدول الذى يصرّح المعدل المتوسط لكلّ كيلو وات ساعة منّ الخدمة الموجودة



شكل (٨-١٨) ادخال الكتل

(ادارة طلب الطاقة ـــ ٢)



شكل (٨-١٩) أدخال الكتل المختلفه

بالجدول لا يمكن أن يكون أقل من المستوى المنصوص عليه.
مثال جدول استعمال فاتورة لـ ١٥٠٠ كيلو وات ساعة سيحسب كالتالي:

٥٠ كيلو وات ساعة	١٦ سنت / ك.و.ساعة	٨ دولار
٥٠ كيلو وات ساعة	٨,٥ سنت / ك.و.ساعة	٤,٢٥ دولار
٢٠٠ كيلو وات ساعة	٧,٥ سنت / ك.و.ساعة	١٨ دولار
٥٠٠ كيلو وات ساعة	٦,٦ سنت / ك.و.ساعة	٣٣ دولار
٧٠٠ كيلو وات ساعة	٦,٦ سنت / ك.و.ساعة	٤٢ دولار
١٥٠٠ كيلو وات ساعة		١٠٢,٢٥ دولار

لإستهلاك ١٥٠٠ كيلو وات ساعة فأن المعدل المتوسط سيكون ٦,٨٢ سنت.

$١٠٢,٢٥ = ٠,٠٦٨١٦٦ دولار
١٥٠٠ كيلو وات ساعة

إذا أن "فاصل التيار" *(Stopper)* يعطى معدل أقل للخدمة يساوى ٦,٨٢ سنت،لكل أستهلاك زيادة عن ١٥٠٠ كيلو وات ساعة في الشهر كان يمكن أن يحسب المعدل الأخير بـ ٦,٠٠ سنت.

و تكون متاحة لكل ٧٠٠ كيلو وات ساعة، من ٨٠٠ إلى ١٥٠٠ كيلو وات ساعة مستهلكة فى الشهر و أى زيادة عن ١٥٠٠ كيلو وات ساعة سيتم المحاسبة عليها في مستوى معدل " فاصل التيار " بـ٦,٨٢ سنت لكلّ كيلو وات ساعة.

السقّاطات *(Ratchate)*

يتضمن جدول المعدلات على كمية الطلب على الطاقة وقد أطلق عليها "السقاطة" لانها تتضمّن تخفيض تأثيرات الإختلاف في الطلب الأقصى الشهري.
وهذا يسهل على المشترك طلب حمله كاملا لبضع شهور، ما عدا شهر الذروة، ولا يجب أن تكون أقل بحيث لاتقل عن ٥٠% من الحمل أثناء شهر الذروة. تسمى هذة الطريقة "بالتحكم فى الطلب" *(Control demand)* وتستند عليها المحاسبة أثناء الشهور.
تتفاوت بنود السقاطة على نحو واسع من مرفق إلى آخر إعتماد على المنطقة المعينة التى تخدم كبار المشتركين التجاريين والصناعيين (وهم الاكثر تعقيدا).

بنود النسبة الخاصة الأخرى

تطبق بعض التقنيات الفنية على كبرى المصنفات التجارية والصناعية ، وتطبق بعض العقوبات على تخفيض عامل الحمل ، وقد طبقت هذه التخفيضات على مختلف الجهود، وتضاف الضرائب للأجهزة الخاصة بالمرفق وهى ليست موضحه في جدول المعدل الأساسي.

١١ - تغييرات في مفاهيم المعدل

تحدث دائماً تغيرات فى التقنية و الفلسفة ولكنها ليست تغيرات يوميه و هذة التغيرات بطيئة لأن أيّ تعديل أساسي في التعريفة يحدث على فترات موسميّة بعيدة ، أو عدّة سنوات، ومن أمثلة ذلك : التكييف. فقد لعب التكييف دورا مهما جدا في فلسفة تصميم المعدل ، رغم ذلك أستغرق أكثر من خمسون سنة للوصول لمستواه الحالي. فمنذ الأيام الأولى للمسرح و قاعات السينما كان يتم الاعلان عن سلعهم بالاشارة إلى الجو المكيف بالداخل وقد تنافست العديد من المؤسسات التجارية بتركيب أجهزة التكييف حيث عملية التبريد تكون أسرع .
وبعد ذلك بعشرة أو خمسة عشر عاما بدأ يظهر التكييف المنزلى . فى البداية ظهرت وحدات التكييف المنفصلة وكانت سهلة التركيب نسبيا في المنازل والمنشأت التجارية الموجودة. ثم أصبحت أنظمة التكييف المركزية بعد ذلك جزءا مهما بكلّ بناء جديد في المناطق حيث ضمنت الشروط المناخية لذلك .
وأنتقلت خصائص حمل أنظمة المرفق في العديد من أجزاء البلد بشكل تدريجى من الشتاء إلى خصائص الصيف و الذروة هذا ليس بسبب التكييف وحده و لكن نتيجة إضافة حمل موسميّ رئيسي إلى احتياجات مجموعة المشتركين الأخرى للكهرباء.
وتطور التدفئة المركزية الكهربائية فى الوقت الحاضر ينتج التأثير المقابل بإضافة الحمل أثناء شهور الشتاء. وحالة التوازن للمستهلكين المستخدمين الكهرباء فى التدفئة والتبريد تكون أكثر بالرغم من أن وقت الذروة واستهلاك الطاقة لتبريد الحرارة لا يحتمل أن يكونا نفس التوقيت.

المصابيح الفلورسنت *(Fluorescent lamps)*

أنتشرت المصابيح الفلورسنت في الثلاثينات. وقد كانت كفاءتها ضعف كفاءة المصباح المتوهج المألوف فى تلك الفترة. البعض قالوا بأنّ المصابيح الفلورسنت تخفض استهلاك الكهرباء إلى النصف و تنتج نفس كمية الضوء بنصف عدد كيلو وات ساعة. وقد كان المصباح الجديد مصدر ضوء ثوري مما جعله عملي لرفع مستويات الإضاءة بشكل مثير في الثلاثينات كان أى مكتب بمستوى إضاءة ٣٥ قدم - شمعة *(Foot - candle)* يعتبر أضاءه حسنة .
أدت الاضاءة إلى مستويات إضاءة قريبة من ٧٥ قدم - شمعة أو أكثر لإضاءة المكاتب العامّة وعدّة مئات قدم - شمعة في المناطق ذات المهام الخاصّة .

تأثير الافران الكهربائية وسخانات المياه

أثرت الافران الكهربائية ومدافئ الماء الكهربائية على الحمل لان الحمل الإضافي كبير بالمقارنة مع الحمل المنزلى الموجود لمشترك مثالي في ذلك الوقت.ويتضمن الحمل المثالي إضاءة مع بعض الأجهزة، وثلاجة ، وقد كانت مدفأة الماء الكهربائية واحدة من أول الأدوات التي ستشغّل خلال ساعة على الدوام وقد منعت وحدات التدفئة من التشغيل

أثناء ساعات الذروة لنظام المرفق. والتحكم فيها بذلك الأسلوب يقلل معدل "الخروج من أوقات الذروة" رغم ذلك بمرور الوقت، فقد زاد استخدام الأجهزة وغسالات الملابس و غسالات الأطباق و المكواة الآلية والحاجة للماء الساخن. وبالتالى زادت تدفئة الوحدات . مما جعل بعض المرافق تشعر بالحاجة لتحديد قدرة السخانات المائية التى يحتاجها النظام.
وقد أعاد الكثير النظر في استعمال وسيلة التحكم فى الزمن *(time – clock control)* .
وبمرور السنوات زادت الاحمال السكنية وأصبحت أحمال سخان الماء صغيرة، بالنسبة إلى المجموع وقد دخلت كلّ هذه العوامل في تصميم المعدلات الجديدة.
إعتبر البعض إمكانية زرجنة *(interlocking)* الفرن الكهربى وسخان المياه لايمكن أن يعملا في نفس الوقت. و يتم أتخاذ إجراء مشابه اليوم لبعض المرافق لوقف تشغيل وحدات التكييف الفردية لتخفيض حمل الذروة الكليّ بنقص عدد الوحدات المستعملة فى وقت واحد.
وتمثّل هذه الأمثلة التأثير على تصميم المعدل، ما عدا أولئك الذين يظهرون مباشرة من اقتصاد الصناعة.

المعدل المرتفع

فى العقدان الماضيان، تم حوار بين المنظمات والمستهلكين وموظفي المرفق الذين يغطّون بشكل حرفي كلّ مراحل تطوير عملية تصميم معدل مرافق الكهرباء. هذه المناقشات أشارت إلى البؤرة المتزايدة بشكل واضح من المصلحة العامّة في عملية وضع قسيمة سعر على المنتج متى كان ذلك المنتج كهرباء.

انتقاد نسب الكتلة المنحدرة

كان أحد النقد الأساسي للتعريفات الكهربائية موجه نحو معدل طاقة الكتلة المنحدرة. لأن السعر لكلّ كيلو وات ساعة يقل كلما زاد الاستهلاك ، نقّاد قالوا بأنّ النسبة شجّعت على عدم الحماية . ومن الناحية الأخرى، فإن مدافعو شكل المعدل يجادلون بقوة بأنها تعكس تكلفة الخدمة، وتمثل خصائص الحمل في مستويات الاستهلاك الأعلى مبرّرا للسعر الأقل.

معدل التحسّن المستوي

أقترح الكثير بأنّ المعدل يجب أن يستوي في السعر لكلّ كيلو وات ساعة للكتل الأولى والأخيرة للجدول على عكس ذلك رأى آخر بأنّهم يجب آلا يكون أقرب لسعر الكتلة المتأخر بل يجب أن يكون أعلى من تلك الكتلة السابقة، أى أن المعدل يجب أن يكون "معكوسا " ويمثل هذا التعديل يتحسّن السعر.

اختلافات المعدل موسميا

صمم مستوى فروق السعر الموسميّ، لتطبيق أسعار أعلى على الاستعمال وقت الذروة بسبب الزيادة الغير متوقعة في الفاتورة والتى يواجها المشترك عندما يمر من وقت عدم الذروة *(off - peak)* إلى وقت الذروة *(on - peak)* للشهر. ولتخفيف مثل هذه التأثيرات

نستخدم نوع من محاسبة الميزانيـة التـى تستعمل متوسـط الاسـتهلاك الأعلـى و الاسـتهلاك الأقل قبل أكثر فترة من اثنا عشر شهر . وبذلك يخقف تغيير المحاسبة الغير متوقع لكن فـي نفس الوقت يقلل فاتورة السعر التي تسلم إلى المستهلك بجدول التسعير على الذروة الأعلى.

الاعتبارات الاجتماعية الحضارية

تواجه اللجان التنظيمية دائما مشكلة صعبة وهى عدم قابلية بعض المستهلكين لدفع فواتير تكلفة الكمية. ولسوء الحظ، ليس هناك ارتباط مباشر بين تكلفة الخدمة والقدرة علـى الدفـع. كما تظهر مشاكل مستهلكي الدخل القليل .

معدل الخط الحيوى *(Lifeline rate)*

دفعت مشكلة القدرة على الدفع البعض إلى "معدل الخط الحيوى." ، وهـذا المعـدل يخقض السعر اولا عدّة مائـة مـن كيلـو وات سـاعة مـن استهلاك الطاقـة الشـهري علـى فـرض أن أستعمال الكهرباء ضرورة من الضروريات الأساسية فإنه يتوفر تخفيض لأول مائـة كيلـو وات ساعة إلى كلّ المشتركين. بينما يكون عدد الكيلو وات سـاعة المخصـوم أكـبر لكبـار المستهلكين .
وهناك مشكلة أخرى وهى عدم تحديد تكلفـة الدخل وذلـك نتيجـة التخفيـض الـذى حـدث فـي ساعات كيلو وات معدل الخـط الحيـوي. وقـد وافقـت اللجنـة علـى استيفاء متطلبـات الايـراد الاجمالى ، ويكون النقص في معدل الخـط الحيـوي مـن قبل المشـتركين الآخريـن. ويظـهر السؤال : هل يجب أن يكون هذا فقط مسؤولية مشتركين المنـازل الأكبر أو يخصّص إلـى كلّ المشتركين ؟؟

ملحق (١)

طرق تخصيص *(Allocation methods)*

أوضحنا فيما سبق أنه توجد ثلاثة طرق لتخصيص التكلفة التى لاقت قبول عام وهى كالتالي:-

مسؤولية قمة *(Peak responsibility)*

قمة غير متوافقة *(Non – coincident peak)*

متوسط زيادة الطلب *(Average – excess demand)*

سنتعرض لتطبيق هذه الطرق، ويتضمن نظام المنفعة الافتراضى تطور أربعة مجموعات وهى : صناعي ، تجاري ، سكني ، ومتنوع . لكل منهم طلب على الطاقة خاص به وخصائص أخرى لملائمة الحمل وتظهر هذه الخصائص في الجدول(٨-٩). وسوف تناقش كل طرق التخصصات في هذا الملحق. كما أفترض عامل حمل سنوي ٣٣% للمجموعة السكنية ،٥٠% للمجموعة التجارية ، ٧٠% للمجموعة الصناعية ، ١٠% للمجموعة المتنوعة .

مسؤولية قمة

وتعرف بالقمة المتوافقة أو طريقة *(Coincident peak)* أو *CP* ، وهى من أسهل الطرق وفيها يتم تحديد تكلفة كل صنف على حسب نسبة مساهمته فى ذروة النظام فقط .

جدول (٨-٩)

مثال توضيحى

	عامل الحمل السنوى	أقصى طلب ك.و	الطاقة السنوية م.وات.ساعة	متوسط الطلب م.و	الطلب الزائد م.و	المسئولية (المشاركة) بالنسبة للحمل
سكنى	٣٣ %	٣٠٠٠	٨٧٦٠٠٠٠	١٠٠٠	٢٠٠٠	٢١٠٠
تجارى	٥٠ %	٤٠٠٠	١٧٥٢٠٠٠٠	٢٠٠٠	٢٠٠٠	٣٢٠٠
صناعى	٧٠%	١٠٠٠	٦١٣٢٠٠٠	٧٠٠	٣٠٠	٩٥٠
آخرى	١٠ %	٥٠٠	٤٣٨٠٠٠	٥٠	٤٥٠	—
		٨٥٠٠	٣٢٨٥٠٠٠٠	٣٧٥٠	٤٧٥٠	
النظام	٦٠ %					٦٢٥٠
نسب (البيانات اعلا الجدول)						
سكنى		٠,٣٥٢٩	٠,٢٦٦٧	٠,٢٦٦٧	٠,٤٢١١	٠,٣٣٦٠
تجارى		٠,٤٧٠٦	٠,٥٣٣٣	٠,٥٣٣٣	٠,٤٢١١	٠,٥١٢٠
صناعى		٠,١١٧٧	٠,١٨٦٧	٠,١٨٦٧	٠,٠٦٣١	٠,١٥٢٠
آخرى		٠,٠٥٨٨	٠,٠١٣٣	٠,٠١٣٣	٠,٠٩٤٧	٠,٠٠٠٠
		١,٠٠٠٠	١,٠٠٠٠	١,٠٠٠٠	١,٠٠٠٠	١,٠٠٠٠

	عامل المتوسط الموزون	عامل الزيادة الموزون	عامل الزيادة المتوسط
سكنى	٠,١٦٠٠	٠,١٦٨٤	٠,٣٢٨٤
تجارى	٠,٣٢٠٠	٠,١٦٨٤	٠,٤٨٨٤
صناعى	٠,١١٢٠	٠,٠٢٥٣	٠,١٣٧٣
آخرى	٠,٠٠٨٠	٠,٠٣٧٩	٠,٠٤٥٩
	٠,٦٠٠٠	٠,٤٠٠٠	١,٠٠٠٠

- توزن عاملات الطلب المتوسط عند مستوى عامل الحمل للنظام ٦٠ %

شكل (٨-٢٠)

طريقة مسؤوليةِ الذروة

عرفت هذه الطريقة ايضا بطريقة "ذروة التوافق" (*coincident - peak*) ، هذه الطريقة تخصص لتكلفة كل صنف منهم على حسب نسبة المساهمة فى ذروة النظام . يستمر المقياس لمدة يوم واحد ويهمل حمل الايام الاخرى التى لايكون فيها اقصى طلب للنظام .

فيما يلى العاملات التخصيصية للحالة المفروضة :

خدمة سكنية	٢١٠٠ م . و	٠,٣٣٦٠
خدمة تجارية	٣٢٠٠ م . و	٠,٥١٢٠
خدمة صناعية	٩٥٠ م . و	٠,١٥٢٠
آخرى (متنوعة)	٠.٠	٠.٠
	٦٥٢٠ م . و	١,٠٠٠

ذروة النظام ٦٢٥٠ م. وات

صناعي ٩٥٠ ١٥٫٢ %

تجاري ٣٢٠٠ ٥١٫٢ %

سكني ٢١٠٠ ٣٣٫٦ %

وقد افترضت الخدمة المتنوعة أن تكون بالكامل بعيدة عن ذروة النظام ولذلك لاتخصص اية مسئولية ذروة فى هذه الطريقة .

يصور شكل (٨-٢٠) تطبيق مسئولية الذروة فى الحالةِ الإفتراضيةِ. ويتضمن عوامل تخصيص بنسب كل نشاط إلى الطلب . مع ملاحظة ان المجموعة المتنوعة قدْ افترضتْ أنْ تَستعملَ كهرباء بالكامل خارج الذروة.

مثلا أنارة الشوارع فى اغلب الحالات لم تؤخذ فى الاعتبار عند التصنيف . وعلى ذلك ، خلال ذروة النظام الشتوى ، فإن انارة الشوارع يحتمل حدوث ذروتها اثناء ذروة حمل النظام . من أهم خواص طريقة مسئولية الذروة انها بسيطة .

قمة صنفِ غيرِ متوافقةِ

وبمقارنة إقتراب مسؤوليةِ الذروةِ، والذروة غير متوافق أو الطريقة (*non – coincident*) أو *NCP* (class peak التى تعاملُ كل صنفِ منهم كشخصيةٍ منفصلةٍ، مستقلة من الأصنافِ الأخرى . نجد أنّ تخصيصَ التكلفةِ مستندة على الطلبِ الأقصى الذى اسّسَ مِن قِبل كل صنفِ منهم، بأي وقت خلال الفترة تحت الدراسةِ، بغض النظر عن كونه يتزامن معُ نظام الذروةِ لأصنافِ العمل الأخرى .

يتم أضافة قمَم الصنفِ المرتبطةِ بشكل حسابي، ولكنها غير سوية وتتعلق عوامل التخصيص بكل صنفِ تَبلغُ الذروة إلى المبلغ الحسابي للقمَم الذى حدث نتيجة تلك الإضافةِ.

بالمقارنة مع مسؤولية ذروة، علم منهج ذروة غير متوافق يَعطي بعض الإعتبار إلى عامل حملِ الصنّفِ لكن يُخصّصُ فوائد *interclass* تنويع في النّسبةِ إلى صنفِ طلباتِ الذّروةِ

شكل (٨-٢١)

طريقة صنف غير متوافق ذروة

تخصص طريقة *NCP* التكلفة إلى كل صنفِ العملِ على قاعدةِ الطلبِ الأقصى الذى أسّسَ بذلك الصنّفِ بأي وقت خلال الفترة تحت الدّراسةِ بغض النظر عن كونها تتزامن أم لا معْ طلبِ الذّروةِ الناتج من الأصنافِ الأخرى وإنّ القاعدةَ أن تحسب عواملِ التّخصيص لمجموع الصنّفِ غيرِ المتوافق الذى يَبْلغُ الذروة " وهو ببساطة المجموعُ الحسابيُ لصنفِ القيَم القصوى. وتحليل الحالةِ الإفتراضيةِ كالتالي:

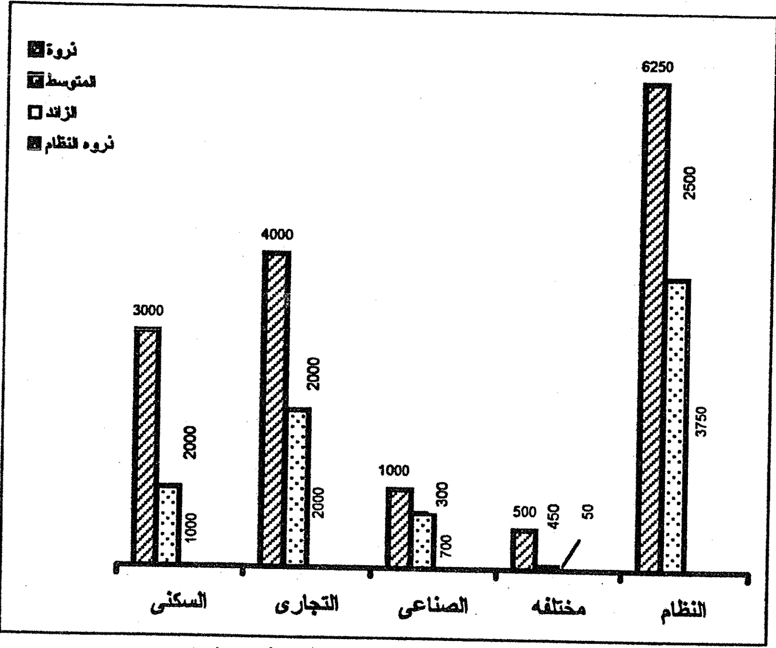
خدمة سكنية	٣٠٠٠ م.و	٠,٣٥٢٩
خدمة تجارية	٤٠٠٠م.و	٠,٤٧٠٦
خدمة صناعية	١٠٠٠ م.و	٠,١١٧٧
متنوع	٥٠٠ م.و	٠,٠٥٨٨
	٨٥٠٠ م.و	١,٠٠٠

ويعرض شكل (٨-٢١) تطبيق إجراء *NCP* في الحالةِ الإفتراضيةِ.

متوسط زيادة الطلب *(Averagy – excess demand) (AED)*

بأستخدام طريقة " الطلب المتوسط " لايجاد كمية " طلب ذروةِ الصنف " والذى يتجاوز المتوسط. ويقاس أداء هذه المنتجاتِ بتحديد " طلب الزّيادةِ " وهو يمثل العاملِ الذى، يتعلّقُ بمدى الانتفاع مِن أستعمال المستهلكِ. ويعتبر طلبَ الزّيادةِ المتوسطِ، أو طريقة *(AED)* ، أكثر الطرق الثلاثة تعقيداً.

تعرض أشكال (٨-٢٢) ، (٨-٢٣) العناصر الأساسيةِ لكل صنفِ أستعمال وللنّظام. يفصل كل طلبِ ذروةِ في المعدلِ وقيَم الزّيادةِ. ويعرف الطلب المتوسط ببساطة بأنة مستوى الحمل المجرب فى الخدمة الموحدة بدلاً من المتغيرةِ . ويتم الحصول على طلب الزيادةِ بطرْح الطلبِ المتوسطِ من طلبِ الذّروةِ. كل قيَم هذه المكوّناتِ موضحة بالشكل . و نسبة طلبِ الزّيادةِ يجب أنْ تتوسّط طلب صنفِ العملِ، ومقياسُ عدم تناسق نمطِ الحملِ؛ الصنّف ذى عدمِ التناسق الكبيرِ يكون له عاملُ حملِ منخفض والعكس بالعكس.



شكل (٨ - ٢٢) طريقه متوسط الطلب الزائد

شكل (٨-٢٣)

طريقة *(AED)*

*" طلب متوسط هو أن مستوى الطلب يمكنه تحمل نفس عدد الكيلو وات ساعات المستهلك في الحقيقة على مدار ٢٤ ساعة فى اليوم بدلا من أن يكون مجهز على نمط التغيير. كما أن المستوى الأقل للحمل عن عدد الكيلو وات ساعة يمكن أن يرسل إلى المستهلك. أى إنه يتناسب بشكل حسابي مع إستهلاك الطاقة.

**" طلب زائد هو عدد الكيلو وات المتجاوز من قبل طلب الذروة الحقيقي " ويكون طلب المعدل مقياس كبير للطلب الحقيقى لمستوى حمل الحد الأدنى الذى تورد عليه نفس الطاقة على نفس النظام أو قاعدة توريد ثابتة

*** ويعطى تناسب " الطلب الزائدِ " و " الطلب المتوسط " مقياسَ درجةِ تنوع أحمال المستهلكين. ومن المثال الإيضاحي يكون الصّنفِ الصّناعي لعامل الحمل السّنوي الأعلى(٧٠%) عنده أقل نسبة *E / A* ، يعني ٠,٤ إلى ١ ، من الناحية الاخرى المجموعة المتنوعة لعاملِ الحملِ السنوي فقط ١٠% عنده أعلى نسبة *E/A* للأصنافِ الأربعة .

	سكنى	تجارى	صناعى	مختلف
طلب متوسط	١٠٠٠	٢٠٠٠	٧٠٠	٥٠
طلب زائد	٢٠٠٠	٢٠٠٠	٣٠٠	٤٥٠
النسبة بين الزائد الى المتوسط	٢,٠	١,٠	٠,٤	٩,٠

بالرجوع إلى جدول (٨-٩)، أعمدة ٤ ، ٥ قد اعطتَ معدل الإحصائياتَ وطلباتَ الزّيادةِ فى قِيَم الميجاوات المَعطاه في المقطع الأعلى، وتعطى معدل التّخصيص في المقطع المتوسّطِ. ومن المقطع الأوطأِ للجدول، النّسَب للطلبِ المتوسطِ يعطي وزن ٦٠% عامل حملِ النّظام وطلباتِ الزّيادةِ يَزنان ٤٠% ويُنتجا عامل زيادةِ متوسطِ مستندة على تلك المجموعةِ. بتَخصيص القيمة إلى التكلفةِ المتوسطةِ للتّطير المكوّن إلى عاملِ حملِ النّظام، ومن الأهمية أنْ تَتوسّطَ الطلب لكل صنفِ للنظام ويحتمل أنْ يَحْسَبَ ببضْعَة طرق، وفي طريقة تَحليل*AED* إنه ملائم أنْ يعتبرَ العلاقة التّالية:

$$\text{عامل حمل} = \frac{\text{متوسط الطلب}}{\text{أقصى طلب}}$$

تَعتبرُ طريقةُ الزّيادةَ المتوسطة كلا من عاملَ الحملِ والتّنويع ونو أنه لا يدْمجُ حصةَ نظام إحصائياتِ الدّروةِ بشكل مباشر.

References

1 - Assessment of Demand - Side Management (DSM) Potential in Egypt.

Prepared Under Contract to U.S. Agency for International Development December 1994.

2 - Guide to Energy Management

Barney L. Capehart

Wayne C. Turner

William J. Kennedy

1997 by the Fairmont Press, Inc

3 - Essential Accounting for Managers

A. P. Robson 1994 Cassell Publishers Ltd.

4 - Electrical Distribution Engineering

Anthony J. Pansini International Student Edition - 1986.

5 - Industrial Energy Conservation

compiled by Charles M. Gttschalk CMG International Energy Consul-bancy Paris France 1996.

6 - The National Committee of the World Energy Council (NEC - WEC),

Fifth Arab Energy Conference, May, 1994

Energy Conservation Technologies in none Petroleum Industries in Egypt.

7 - Demand Side Management Energy Conservation and Environment Project (ECEP)

ECEP is Sponsored by USAID July 1994.

8 - Steam Efficiency Improvement Boilor Efficiency Institute

By : David Dyer, Glennon Maples, Timothy Maxwell

Auburn, Alabama 1981.

9 - Energy Management Hand Book By: Wayne C.Turner

School of Industrial Engineering and Management Oklahoma State University .

10 - Demand- Side Management Concepts and Methods Second Edition

By: Clark W. Gellings John H. Chamberlin.

11 - Boiler Plant and Distrubtion System Optimization Manual

By. Harry R. Taplin Jr. PE. C.E.M.

12 - Industrial Furnaces

Energy Conservation and Efficiency Project (ECEP) 1992.

13 - Strategic Planning of Energy and Environment

F. William Payne Vol. 12 No. 2 .1992.

14 - Energy Engineering

Anna Fay Williams Vol. 89 No. 2, 1992.

15 - Energy Engineering

Anna Fay Williams Vol. 89 No. 5, 1992.

16 - Energy Engineering

Randall Scott Sumpter Vol. 90 No.1.

17 - Energy Engineering

Randall Scott Sumpter Vol. 90 No. 2.

18 - Standard Handbook For Mechanical Engineers

Theodore Baumeister Seven Edition TOKYO.

19 - Energy Analysis of 108 Industrial Processes Prepared by :

Drexal University Poject Team U.S. Department of Energy

Contract Number E (11 - 1) 2862, 1985.

20 - The Art of Rate Design By :

Frank S.. Walters 1984 Edison Electric Institute U.S of America.

٢١ – البخار مبادئ – تطبيقات

د. م رمضان أحمد محمود - كلية الهندسة / جامعة الإسكندرية.

٢٢ – كفاءة استخدام الطاقة فى نظم البخار - مشروع ترشيد الطاقه وحماية البيئة - ١٩٩٥.

٢٣ – محاضرات الأستاذ الدكتور / سامى الشربينى - كلية الهندسة - جامعة الإسكندرية.

٢٤ – تكنولوجيا المعادن

أ – ماليشيف   ج – نيكولاييف   د– شوقالوف

٢٥ – ترشيد الطاقة فى نظم نقل وتوزيع الهواء فى تطبيقات تكيف الهواء

أستاذ دكتور / محمد فوزى الرفاعى - كلية الهندسة - جامعة القاهره - مركز بحوث التنمية والتخطيط التكنولوجى.

٢٦ – تحسين كفاءة الاحتراق - مشروع ترشيد الطاقه وحماية البيئة - ١٩٩٥.

فهرس الكتاب

الموضوع | الصفحة

للمؤلفة :

١ – المكثفات وتحسين معامل القدرة.

٢ – المحولات الكهربائية ـ الجزء الأول.

٣ – المحولات الكهربائية ـ الجزء الثانى.

٤ – الوقاية فى الشبكات الكهربائية ـ الجزء الأول.

٥ – التوافقيات فى الشبكات الكهربائية.

٦ – جودة التغذية الكهربائية.

٧ – الإضاءة وتوفير الطاقة.

٨ – الوقاية فى الشبكات الكهربائية ـ الجزء الثانى.

٩ – إدارة طلب الطاقة ـ الجزء الأول.

١٠ – البيئة.. الطاقة وغازات الاحتباس الحرارى.

١١ – إدارة طلب الطاقة ـ الجزء الثانى.

رقم الإيداع بدار الكتب والوثائق القومية
١٠٣١٣ / ٢٠٠١

دار الجامعيين
لطباعة الأوفست والتجليد
٣٧ شارع السلطان عبد العزيز
الأزاريطة - الإسكندرية
ت : ٤٨٦٢٠٠٤